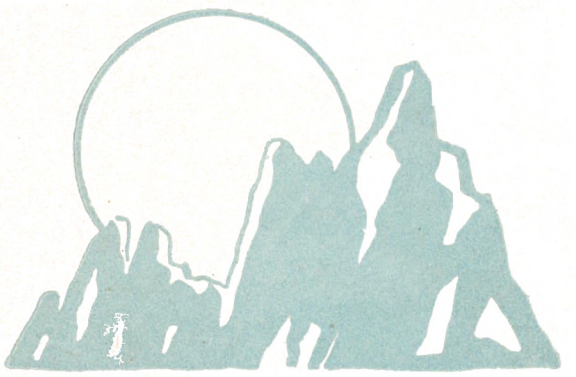
Дитяча енциклопедія



ПЕРЕКЛАД
З ВИДАННЯ
АКАДЕМІЇ
ПЕДАГОГІЧНИХ
НАУК
РРФСР

★

Київ
1961

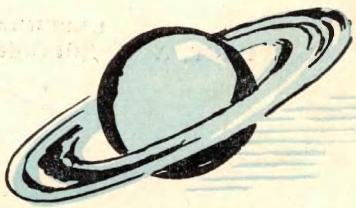
Дитяча енциклопедія

ДЛЯ СЕРЕДНЬОГО І СТАРШОГО ВІКУ

ТОМ 2

ЗЕМНА КОРА І НАДРА ЗЕМЛІ

СВІТ НЕБЕСНИХ ТІЛ



Державне
учбово-педагогічне видавництво
«Радянська школа»

03
Д90

ГОЛОВНА РЕДАКЦІЯ

Д. Д. БЛАГОЙ, В. О. ВАРСАНОФ'ЄВА, Б. О. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМІНОВ, П. О. ГЕНКЕЛЬ, М. К. ГОНЧАРОВ, Д. А. ЕПШТЕЙН, О. В. ЄФІМОВ, І. А. КАЇРОВ, О. Г. КАЛАШНИКОВ, Л. А. КАССІЛЬ, О. М. ЛЕОНТЬЄВ, О. Р. ЛУРІЯ, А. А. МАРКОСЯН, О. І. МАРКУШЕВИЧ (головний редактор), С. Я. МАРШАК, В. Ф. НАТАЛІ, М. В. НЄЧКІНА, С. В. ОБРАЗЦОВ, Б. П. ОРЛОВ, О. М. ПИСАРЖЕВСЬКИЙ, С. Д. СКАЗКІН, Ф. Д. СКАЗКІН, А. О. СМИРНОВ, В. І. СОБОЛЕВСЬКИЙ, О. І. СОЛОВЙОВ, Л. І. ТИМОФЄЄВ, Т. С. ХАЧАТУРОВ, Ю. В. ХОДАКОВ, К. І. ЧУКОВСЬКИЙ, В. М. ШАЦЬКА

* * *

НАУКОВІ РЕДАКТОРИ 2-го ТОМА

В. О. ВАРСАНОФ'ЄВА, В. І. СОБОЛЕВСЬКИЙ
і Б. О. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМІНОВ

* * *

ПЕРЕКЛАДАЧІ

С. З. БАСТ, А. С. ДОРОШЕНКО, К. К. ПАНЧУЛ

Зміст

ЗЕМНА КОРА І НАДРА ЗЕМЛІ

ВСТУП ДО ГЕОЛОГІЇ

Що вивчає геологія — В. О. Обручов 17
Будова земної кулі — Д. І. Щербаков 20

ЩО ВІДБУВАЄТЬСЯ В НАДРАХ ЗЕМЛІ

Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

Як діють вулкани — Є. П. Заварицька 25
Що таке гейзер — Є. П. Заварицька 33
Чому бувають землетруси — Є. Ф. Саваренський 38
Що відбувається при великих землетрусах 39
Де й чому бувають землетруси 40
Як вивчають. землетруси 41
Запис землетрусів 42
Чи можна ослабити шкідливі наслідки землетрусів 43

ЯКІ СИЛИ ПРИРОДИ ДІЮТЬ НА ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ

Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

Як сонце, повітря, вода і живі організми змінюють Землю — Г. Г. Астрова 45
Робота рік — Н. П. Костенко 49
Підземні води — Н. П. Костенко 56
Де можна бачити підземні води та їх шляхи 56

Гірські породи — збирачі підземних вод 57
Кругообіг води в природі 58
Потоки підземних вод у гірських породах 60
Значення підземних вод для людини 61
Як вітер змінює зовнішній вигляд Землі — В. О. Обручов 62
Як море створює і руйнує гірські породи — О. Й. Равикович . . . 68
Льодовики та їх значення в житті Землі — Н. М. Сорокіна 72

У ЛАБОРАТОРІЇ ПРИРОДИ

Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

У світі кристалів — М. П. Шаскольська 79
Будова і властивості кристалів 80
Кристали ростуть 82
Вирощування кристалів 84
Що таке мінерал — В. І. Соболевський 85
Як з магми утворюються мінерали та гірські породи — О. Г. Тітов . . 89
Глибинні магматичні породи 90
Вилиті магматичні породи 92
Як і де залягають магматичні гірські породи 94
Як утворюються осадові гірські породи — Г. Н. Петровська . . . 96
Чудесне перетворення осадових порід (метаморфізм) — Г. П. Барсанов 99

СКАРБИ НАДР ЗЕМЛІ

Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

Чорні метали — Г. Д. Ажгірей 103
Родовища руд чорних металів в СРСР 104
Як дістають метали з руд 108
Чорні метали — основа нашої промисловості 109
Рідкісні і розсіяні метали — З. С. Михайлова 110
Загальні властивості і застосування 110
Де в природі трапляються рідкісні і розсіяні метали 113
Як розшукують родовища урану 115
Благородні і кольорові метали — Г. Д. Ажгірей 117
Неметалеві корисні копалини — В. І. Соболевський 124
Наші алмази і брильянти 131
Як утворюється і як використовується торф — М. Г. Шкляр . . . 133
Як утворюються підземні склади вугілля — Г. Ф. Крашенінніков . 136
Як утворюється кам'яне вугілля 136
Як утворюються пласти вугілля завтовшки до 100 метрів 138
Як утворюються вугільні басейни 139
Де в нашій країні є викопне вугілля і як його шукають 140
Навіщо нам потрібне кам'яне вугілля 142
Як утворюються нафта й газ — Н. М. Сорокіна і М. М. Чаригін . 144
Що таке нафта 144
Де та як залягають нафта й газ 145
Як шукають нафту й газ 146
Як утворюються нафта й газ 146
Як використовують нафту й газ 147

БІОГРАФІЯ ЗЕМЛІ

Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

Як дізналися про те, що було на Землі до появи людини — Г. Г. Астрова 153
Гірські породи як пам'ятки минулих подій 154
Як дізнаються про вік гірських порід 155
Провідні скам'янілості 156
Геологічний «вуглецевий годинник» — О. В. Трофімов 162
Як утворюються гори — В. О. Варсанофєва 166
Як розвивалось життя на Землі — А. К. Рождественський . . . 177
Перші живі істоти на нашій планеті 177
Перші рослини і тварини — мешканці моря 178
Перші наземні тварини 181
«Вік риб» 184
Світ велетенських папоротей, плаунів і хвощів 186
Найдавніші ящери 187
Виникнення двоногих ящерів 189
Плазуни — завойовники суші, моря і повітря 190
«Велике вимирання» ящерів 193
Давні ссавці 196
З історії тваринного світу за останні 25 мільйонів років 198
Чому одні тварини і рослини вимерли, а інші появились 198
Як вивчають викопних тварин 199
Як зберігаються рештки тварин і рослин 199
Розшуки і розкопки решток давніх тварин 200
Навіщо треба вивчати рештки вимерлих тварин і рослин 200
Де та коли виникли люди на Землі — В. І. Громов 201
Велике зледеніння Землі 201
Коли і як виникла людина 204
Де з'явились перші люди 207

ЯК ПРАЦЮЮТЬ ГЕОЛОГИ

Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

Про що розповідає геологічна карта — О. І. Равикович 209
Слідами «чарівного» пилу — В. І. Соболевський 212
Як шукають скарби землі — В. І. Кейліс-Борок і В. Я. Барлас 214
Шукання 214
Карта підземного світу 214
Погляд крізь карту 216
Карта підказує 217
Полювання на родовище 217
Сліди невидимого 220
Родовище на терезах 220
Родовище — магніт 221
Струми в землі 221
Розвідування вибухами 222
Особливі ознаки 223
Як зрозуміти мову приладів 224
Різні завдання — одна мета 224
Останнє розвідування 224
На службі народу 225
У шуканні вимерлих страховищ — І. А. Єфремов 225

З ІСТОРІЇ ЗАРУБІЖНОЇ ГЕОЛОГІЇ — Ф. Д. БУБЛЕЙНИКОВ

Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

Перші геологічні спостереження 233
Здогади Леонардо да Вінчі 234
Перші історики Землі 235
Вивчення геологічних явищ 235
Боротьба нептуністів і плутоністів 236
Установлення «віку» гірських порід 238
Початок науки про вимерлих тварин 238
Боротьба з катастрофістами 240
Давнє зледеніння 242
Гіпотези про походження гір 243

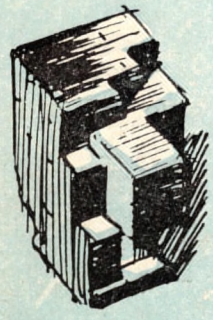
З ІСТОРІЇ ВІТЧИЗНЯНОЇ ГЕОЛОГІЇ

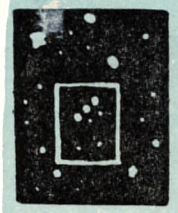
Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

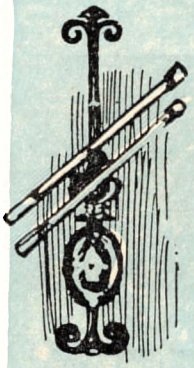
Рудознатці і гірничий промисел на Русі — Ф. Д. Бублейников . 245
Рудознатці 246
Розшуки руд у Московській державі 246
Розшуки руд в епоху Петра I 249
Михайло Васильович Ломоносов як геолог — Ф. Д. Бублейников . 251
Видатні російські геологи — І. В. Батюшкова 253
Олексій Петрович Павлов і Марія Василівна Павлова — В. О. Варсанофʼєва 259
Олександр Петрович Карпінський — О. О. Баян 262
Іван Михайлович Губкін — Г. Є. Рябухін 265
Володимир Іванович Вернадський — Г. Є. Рябухін 269
Олександр Євгенович Ферсман — О. О. Баян 273
Володимир Опанасович Обручов — Г. П. Барсанов і В. В. Владов 276

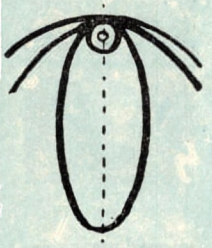
ДОВІДКОВИЙ ВІДДІЛ

Як збирати колекції мінералів — В. І. Соболевський 279
Як складають колекцію 281
Розміри і зовнішній вигляд зразків для колекції. 281
Як писати етикетки 282
Укладання зразків 282
Розміщення колекцій 282
Як установити, який це мінерал — В. Г. Музафаров 283
Ключ до визначника мінералів 286
Визначник мінералів 287
Як визначити гірську породу — І. О Преображенський . . . 290
Короткий визначник гірських порід 292
Що читати з геології — М. І. Колтун 294
Що відбувається в надрах Землі та які сили природи діють на її поверхні 294
Скарби земних надр 295
На допомогу юним геологам — розвідникам підземних скарбів . . . 296
Історія Землі. Походження і розвиток життя на Землі 297
Видатні російські геологи 298
Художня література 299
Покажчик імен і предметів — З. С. Михайлова 301









СВІТ НЕБЕСНИХ ТІЛ

ВСТУП ДО АСТРОНОМІЇ

Астрономія — наука про Всесвіт — Б. О. Воронцов-Вельяминов 321
Найпростіші небесні явища — Ф. Ю. Зігель 323
Блиск зір 324
Як помітити обертання зоряного неба 325
Як сфотографувати добове обертання неба 325
Сузір'я Великої Ведмедиці 325
Походження назв деяких сузір'їв 326
Причини обертання зоряного неба 327
Вигляд зоряного неба в різних місцях Землі 328
Зміна вигляду зоряного неба протягом року 329

ЯК РОЗВИВАЛАСЬ НАУКА ПРО ВСЕСВІТ

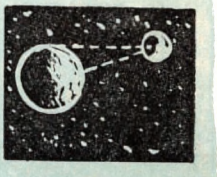
Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

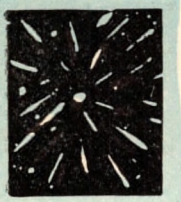
Астрономія за стародавніх часів — Ю. Г. Перель 331
Великі астрономи Середньої Азії 335
Зародження нової астрономії 338
Миколай Коперник — Ю. Г. Перель 339
Джордано Бруно — Ю. Г. Перель 342
Галілео Галілей — Ю. Г. Перель 344
Йоганн Кеплер — Ю Г. Перель 346
Ісаак Ньютон — Ю. Г. Перель 348
Закон всесвітнього тяжіння — Г. А. Арістов 349
Як працюють астрономи — Б. О. Воронцов-Вельяминов . . . 352
Спостереження в телескоп 352
Фотографування зір 354
Спектральний аналіз 355
Як встановлюють хімічний склад небесних тіл 356
Визначення точного часу 357
Де працюють астрономи 358
Як вимірюють віддаль до небесних світил — Б. О. Воронцов-Вельяминов 359

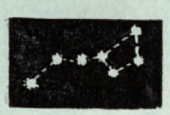
ЩО МИ ЗНАЄМО ПРО ВСЕСВІТ

Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

Місяць — П. І. Попов 363
Як змінюється вигляд Місяця 363
Обертання Місяця, зміна на ньому дня і ночі 365
Віддаль від Землі до Місяця і розміри Місяця 365
Природа Місяця 365
Припливи і відпливи 368
Сонце — П. І. Попов 369
Сонце — джерело життя на Землі 369
Що говорить наука про Сонце 369
Що відбувається на поверхні Сонця 370
Сонячна атмосфера 372
Склад Сонця 373
Як зміни на Сонці впливають на земні явища 373







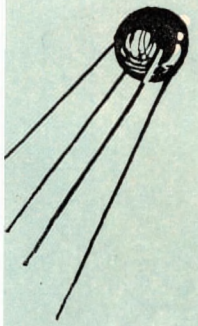
Які джерела енергії Сонця 374
Сонячні установки (машини) 374
Сонячні і місяцеві затемнення — Г. О. Манова 375
Планети сонячної системи — Н. М. Ситинська 382
Далекі «землі» 382
Меркурій — світ спеки і холоду 382
«Вечірня зоря» — Венера 383
Земля 385
«Червона зоря» — Марс 385
Планета-гігант — Юпітер 387
Планета з кільцем — Сатурн 389
Планети Уран, Нептун і Плутон 391
Планети-крихітки 392
Комети — С. К. Всехсвятський 393
«Падаючі зорі» і метеорити — Є. Л. Кринов 399
Метеорні потоки 400
«Зоряні дощі» 400
Вогняні кулі — боліди 401
Що таке метеорити 401
Як падають метеорити 403
Загальний вигляд і розміри метеоритів 406
З чого складаються метеорити 406
Походження метеоритів 407
Допомога населення в збиранні метеоритів 407
Зоряний світ. Всесвіт — В. О. Шишаков 408
Скільки зір на небі 408
Як далеко від нас зорі 408
Про світність зір 410
Колір, температура і склад зір 410
Зорі-гіганти і зорі-карлики 410
Перемінні зорі 411
Подвійні зорі 412
Зоряні скупчення 413
Рух зір 413
Туманності 414
Молочний Шлях 415
Наша зоряна система — Галактика 416
Метагалактика 418
Чи є кінець Всесвіту 419
Як виникли Земля і інші небесні тіла — Б. О. Воронцов-Вельяминов 419
Про перші «дні» Землі 423
Де взялася газово-пилова хмара навколо Сонця 424
Розвиток Сонця, зір і газово-пилових хмар 424
Радіоастрономія — Ю. Г. Перель 425

ЯК АСТРОНОМІЯ ДОПОМАГАЄ ЛЮДИНІ

Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

Лічба часу, годинник і календар — Я. І. Шур 429
Коли? 429
Доба, місяць і тиждень 430
Сонячний рік 432

Старий і новий стиль 433
Чи задовольняє теперішній календар 435
Три стрілки 437
Місцевий час і хронометр 440
Поясний і декретний час 441
Астрономія в народному господарстві СРСР — Р. В. Куницький . . 442
Міжпланетні подорожі — Г. І. Гуревич 445
Боротьба з тяжінням 445
Штучні супутники Землі і Сонця 448
Земля — Місяць 450
Міжпланетний океан 452
Будні ракети 453
Усе далі й далі 454
Шлях у безконечність 457
Що ми шукаємо на небі 458
Перший політ людини в космос 458
Про перший у світі політ людини в космічний простір (повідомлення ТАРС) 458
Про успішне повернення людини з першого космічного польоту (повідомлення ТАРС) 459
До Комуністичної партії і народів Радянського Союзу! До народів і урядів усіх країн! До всього прогресивного людства! Звернення Центрального Комітету КПРС, Президії Верховної Ради СРСР і Уряду Радянського Союзу 459
Радянському космонавтові, який вперше в світі здійснив космічний політ, майорові Гагаріну Юрієві Олексійовичу 461
Виступ Ю. О. Гагаріна на прес-конференції в Будинку вчених 15 квітня 1961 р. 461
Золота медаль ФАЇ Ю. О. Гагаріну 463
Безприкладний подвиг радянської науки й техніки 464
Повідомлення ТАРС 464



ВИДАТНІ АСТРОНОМИ — Ю. Г. ПЕРЕЛЬ

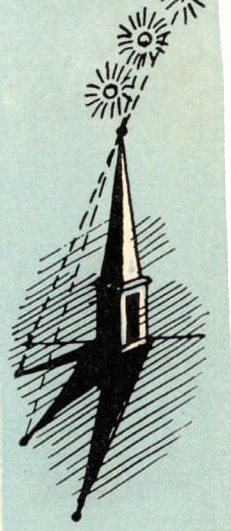
Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

Михайло Васильович Ломоносов як астроном 467
Вільям Гершель 469
П'єр Сімон Лаплас 472
Василь Якович Струве і Пулковська обсерваторія 474
Маріан Альбертович Ковальський 477
Федір Олександрович Бредіхін 479
Олексій Павлович Ганський 481
Вітольд Карлович Цераський 483
Павло Карлович Штернберг 484
Арістарх Аполлонович Белопольський 487
Едвін Хаббл 490
Григорій Абрамович Шайн 492

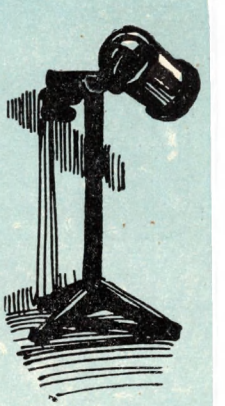
ПЕРШЕ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З НЕБОМ

Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков

Самостійні астрономічні спостереження — М. Є. Набоков 495
Як знаходити сузір'я 495
Що ще можна спостерігати на зоряному небі неозброєним оком . . 499

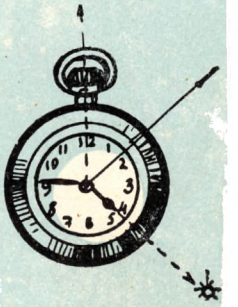


Як зробити телескоп із скелець для окулярів 500
Як спостерігати в астрономічну трубу 503
Як застосувати бінокль для астрономічних спостережень. 503
Як спостерігати в менісковий телескоп 504
Що спостерігати в саморобну трубу, бінокль або шкільний телескоп . 505
Як влаштувати в таборі або при школі астрономічний майданчик . . 506
Орієнтування на місцевості 508
Як визначити час по Сонцю, Місяцю і зорях 510
Великий старовинний планетарій — В. Л. Ченакал 512
Планетарій — Я. І. Шур 515
Штучне небо 515
Машина часу 516
Московський планетарій 520



ДОВІДКОВИЙ ВІДДІЛ

Основні дані про небесні тіла — І. Є. Рахлін 523
Коротка хронологічна таблиця з історії астрономії — Б. О. Воронцов-Вельямінов 528
Що читати з астрономії — Ю. Г. Перель 530
Загальні питання астрономії 530
Сонячна система 531
Зорі і зоряні системи 531
Походження і розвиток небесних тіл 532
Життя у Всесвіті 532
Космічні сполучення 533
З історії астрономії 533
Як спостерігати небесні тіла 534
Покажчик імен і предметів — Г. О. Манова 535



Ілюстрації, таблиці і карти на окремих аркушах

Виверження вулкана Авача на Камчатці *(художник Ю. Л. Фролов)* . . . . . 32—33
На звороті: Долина гейзерів на Камчатці *(художник Ю. Л. Фролов)*
Морський прибій — кольорове фото . . . . . 72—73
На звороті: Коралові рифи — кольорове фото
Різні форми кристалів *(художник А. М. Лебедєв)* — кольорова таблиця . . . . . 80—81
На звороті: Різні форми кристалів *(художник А. М. Лебедєв)*—кольорова таблиця
Мармур з різних родовищ *(художник А. М. Лебедєв)* — кольорова таблиця . . . . 96—97
На звороті: Московський метрополітен ім. В. І. Леніна. Станції «Серпуховська» і «Краснопресненська» — кольорові фото
Благородні і кольорові метали *(художник А. М. Лебедєв)* кольорова таблиця . . . 120—121
На звороті: Стародавні вироби з благородних металів — кольорове фото
Різні види корунду *(художник М. П. Гетманський)* — кольорова таблиця . . . . 128—129
На звороті: Різні види берилу *(художник М. П. Гетманський)*—кольорова таблиця
Індрикотерій — велетенський безрогий носорог *(художник К. К. Флеров)* . . . . . 160—161
На звороті: Найближчі родичі слонів — мамонти *(художник К. К. Флеров)*
Геологічна карта СРСР . . . . . 168—169
Фауна і флора кінця палеозою *(художники К. К. Флеров і В. Д. Калганов)* . . . . . 176—177
Викопні тварини *(художник К. К. Флеров)* — таблиці 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 . . . . . 184—185
Фауна і флора середини мезозою *(художники К. К. Флеров і В. Д. Калганов)* . . . . 192—193
Фауна і флора середини кайнозою *(художники К. К. Флеров і В. Д. Калганов)* . . . . 200—201
Карта великого зледеніння Землі *(картограф Є. Я. Марусов, художник Г. П. Кляєвський)* 208—209
Качконосий динозавр — найбільший двоногий динозавр *(художник К. К. Флеров)* . 224—225
На звороті: Парейазаври й іностранцевія *(художник К. К. Флеров)*

Мінерали *(художник М. П. Гетманський)* — кольорові таблиці 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 . 280—281
Гірські породи *(художник А. М. Лебедєв)* — кольорові таблиці 1, 2 . . . . . 288—289
Вигляд Землі з Місяця *(художник М. М. Кольчицький)* . . . . . 366—367
На звороті: Карта Місяця *(картограф А. П. Ульянов)*
Протуберанці в сонячній короні *(художник І. А. Шпанов)* . . . . . 376—377
На звороті: Спектри деяких елементів порівняно із спектром Сонця
Планети Марс і Сатурн *(художник А. В. Сайчук)* . . . . . 292—293
На звороті: Комета Донаті *(художник М. М. Кольчицький)*
Падіння Сіхоте-Алінського метеорита *(художник М. М Кольчицький)* . . . . . 408—409
На звороті: «Зоряний дощ» у Ленінграді *(художник М. М. Кольчицький)*
Старт космічних ракет *(художник М. М. Кольчицький)* . . . . . 448—449
На звороті: Атомна космічна ракета в польоті *(художник М. М. Кольчицький)*
У кабіні ракети *(художник М. М. Кольчицький)* . . . . . 456—457
На звороті: На супутнику Юпітера *(художник М. М. Кольчицький)*
Карта зоряного неба, доступного для спостереження в СРСР (картограф *Є. Я. Марусов*) 504—505
Зал для глядачів планетарія *(художник В. М. Добровольський)* . . . . . 512—513
На звороті: Апарат «планетарій» *(художник В. М. Добровольський)*

Земна кора і надра Землі

Вступ до геології

ЩО ВИВЧАЄ ГЕОЛОГІЯ

Геологія вивчає утворення і будову кам'яної оболонки Землі. На відміну від наук про живу природу — від зоології і ботаніки — геологію часто називають наукою про «мертву природу». Але насправді ця природа зовсім не мертва. Повітря, вода, сонячне проміння, мороз та інші сили природи безперервно змінюють оболонку Землі. Пильний спостерігач може уловити і простежити дуже цікаве життя «мертвої природи». Не менш, ніж біологічні науки, геологія вчить людину свідомо ставитися до явищ природи і розуміти їх. Не знаючи основ геології, людина бачить тільки зовнішнє. Вона споглядає різні форми рельєфу: яри, обриви, схили, долини, горби, скелі, гірські хребти, снігові вершини,— часто захоплюється красою їх, але не має ніякого уявлення про те, як же вони утворилися.

Людина бачить спокійну рівнинну річку з положистими зеленими берегами або гірський потік, що скочується шумними водоспадами між скелястими схилами гір; сидячи на березі моря, вона милується сплесками хвиль, що набігають на берег, слухає безугавний шум прибою, не знаючи, що вся ця невпинна робота води спричиняється до грандіозних змін поверхні Землі.

Хто не знає основ геології, той, побачивши на схилі гірської долини, як зігнуті шари порід — ніби їх стискувала або зрушувала рука велетня,— не зможе пояснити, що це значить, яка сила й чому так понівечила тверді кам'яні породи. Він не зуміє відрізнити кварц від мармуру, граніт від пісковику і, напевне, пройде мимо цінної породи, якщо тільки вона не впаде йому в очі незвичайним кольором або формою.

Земля, на якій ми живемо, існує мільярди років. Історія Землі дуже довга й заплутана. Вона багата на різні події. Ця історія записана в пластах земної кори, які є пам'ятками далекого минулого. Кожний пласт — ніби

сторінка книги історії природи. Але в цій книзі багато листків від часу дуже стерлося, і друк на них став нерозбірливим, а подекуди і зовсім зник. Геологія вчить читати цю книгу природи, розбирати «стерті фрази», відновлювати «текст» недостаючих сторінок. Неповнота «тексту» історії Землі, численні загадкові місця в ньому та нерозшифровані ієрогліфи (знаки) особливо привертають до цієї науки допитливий людський розум.

Геологія розповідає нам, як сформувалась планета, на якій ми живемо, з яких гірських порід вона складається і яких змін зазнавала протягом багатьох років свого існування. Геологія вчить нас заглядати в глибінь часу і допомагає краще зрозуміти процеси, що відбуваються у нас перед очима. Тепло, яке дає нам Сонце, рух повітря у вигляді вітру, краплини дощу, мороз, кристали снігу, ріки й моря, навіть рослини і тварини — все це геологічні фактори, які змінюють Землю і роботу яких вивчає геологія. Зовнішній вигляд Землі, тобто форми поверхні,— наслідок діяльності цих факторів, а також і інших, захованих у глибині Землі. Час від часу останні виявляють себе такими грізними явищами, як виверження вулканів або землетруси.

Уже первісна людина звертала увагу на навколишню природу і на роботу геологічних факторів. Але вона не розуміла явищ природи і тому в думці населила небо і Землю, воду і земні надра таємничими силами в образі добрих і злих духів, які діють на користь або на шкоду людині. У пізніші часи багато вчених загинуло на вогнищах за спроби роз'яснити явища природи; немало наукових праць було спалено за думки, що суперечили «святому письму».

Геологія дає величезну користь людському суспільству. Вона досліджує надра Землі і допомагає видобувати з них мінеральні скарби, без яких не можуть існувати люди. Що робила б людина, якби вона не знала корисних копалин, не вміла їх видобувати і обробляти, перетворювати в необхідні вироби! Людина дуже давно навчилася виробляти знаряддя праці з кістки і каменю. Багато тисячоліть тривав «кам'яний» період історії людства. Величезний крок вперед зробила людина, навчившись виплавляти метал з руди і робити з нього знаряддя праці. Тільки після цього культура пішла вперед швидкими кроками. За кілька тисячоліть вона досягла такої висоти, коли на службу людству стала електрика, а незабаром буде широко використана для господарських цілей і атомна енергія. В нашій країні, де вся земля належить державі, робота геолога йде на користь народові. Для дослідника надр Землі створено найсприятливіші умови. Але для того щоб стати справжнім геологом, треба мати всебічні знання. Геолог повинен добре знати мінералогію — історію природних хімічних сполук, тобто мінералів, і геохімію — науку про розвиток хімічних процесів у Землі і про історію атомів. Йому треба мати уявлення про геофізику — науку, що вивчає фізичні властивості нашої планети в цілому і процеси, що відбуваються в оболонках Землі — твердій, рідкій і газоподібній. Геофізичні прийоми дослідження дуже допомагають геологам у вивченні надр Землі (див. стор. 220—225).

Навіть знання ботаніки полегшує працю розвідника підземних скарбів. Виявляється, деякі рослини живуть на грунтах, що містять у собі певні метали. Так, наприклад, на грунтах, багатих на метал нікель, ростуть анемони; на грунтах з підвищеним вмістом урану і селену росте астрагал; чагарник качим у Казахстані звичайно зв'язаний з грунтом, багатим на мідь, і т. д. В Америці знайшли великі родовища срібла тільки за даними ботаніки. Таких прикладів можна навести багато.

Професія геолога дуже цікава і різноманітна. Той з вас, хто любить ліс і гори, свіже повітря, ночівлю в наметі, може вибрати собі спеціальність знімальника геологічної карти. Такий геолог проводить все літо, а іноді і частину весни та осені на польовій роботі (тобто в природі) і тільки на зиму повертається до міста, щоб обробити зібрані матеріали. Як захоплює і приваблює обробка матеріалу вперше обслідуваного району, знає кожний геолог.

Перш ніж нанести на карту області поширення гірських порід різного складу і віку, геолог у думці знімає шар грунту, всю рослинність і всі споруди людини — будівлі, дороги і т. д.; нижче лежать корінні породи — так називають гірські породи, які складають земну кору,— саме їх і показує геологічна карта.

Щоб скласти карту, геолог робить геологічне знімання: маршрутне або докладне — залежно від масштабу карти і завдання. Для маршрутного знімання досить буває пересікти всю досліджувану площу у двох-трьох напрямах, за якими і слід провести спостереження над складом гірських порід, їх заляганням та межами поширення. На такій карті поза маршрутами знімання багато що наноситиметься тільки здогадно, з більшою чи меншою точністю. А для докладного знімання місцевість треба вивчати

крок за кроком в усіх напрямах, і тільки тоді всі межі і умови залягання порід будуть показані точно.

На карті геолог креслить площу, яку займає кожна порода певного віку і складу, і показує, як вона залягає (горизонтально, нахилена в якийсь бік чи утворює складки). Потім він відмічає на карті різні порушення в породах — тріщини розломів, рудні та інші жили, зміни одних порід від стикання з іншими, різні корисні копалини.

Геологічна карта ознайомлює з внутрішньою будовою даної місцевості. Збираючи матеріал для карти, геолог вивчає місцевість більш-менш докладно і в звіті може вже описати склад гірських порід, будову, історію розвитку, тобто формування, цієї ділянки Землі. В осадових гірських породах геолог знайде рештки тварин (раковини, панцири, кістки, зуби) і рослин (листя, кору, пилок, деревину), що існували за давніх часів. Ці рештки, що називаються скам'янілостями, вивчають палеонтологи (палеонтологія — наука про давнє життя). На підставі скам'янілостей геологи судять про послідовність подій, що відбувались на Землі: про наступання морів на сушу, утворення гір тощо. Органічне життя протягом багатьох мільйонів років історії Землі пройшло дуже довгий шлях розвитку. Цей шлях розвитку відбився в шарах Землі з рештками тварин і рослин.

Геолог-знімальник нанесе на карту також родовища корисних копалин, на які він натрапить. Під час знімання можна тільки побіжно оглянути родовища, трохи розчистити, розкопати їх, зняти рослинність і грунт, що закривають корінну породу, щоб краще розглянути форму покладу — пласт, жилу, вкраплення. Іноді геологові-знімальнику вдається навіть простежити поклад на деяку відстань. Вивчати родовище буде вже інший спеціаліст — геолог-розвідник. Якщо родовище заслуговує того, щоб його докладно вивчали, то буде проведено розвідку канавами, шурфами (колодязями), свердловинами. Якщо ця попередня розвідка дасть добрі наслідки, на чергу стане детальна розвідка вглиб і по простяганню (у довжину) родовища, щоб можна було обчислити його запаси і з'ясувати його цінність та умови розробки копалини. Геолог-розвідник у знайденому родовищі різними способами повинен визначити запаси корисної копалини.

Корисна і цікава діяльність рудничного геолога, який щодня відвідує підземні виробки, щоб оглянути діючі забої[1]. Цей геолог-опікун повинен добре знати всі особливості рудної жили або пласта. Він не розгубиться, якщо жила зникне у зв'язку з опусканням або зрушенням порід, і дасть правильну вказівку, в якому напрямі — вгорі чи внизу, справа чи зліва — треба шукати її продовження. А повернувшись з шахти або штольні[1], геолог запише у щоденник свої спостереження і заповнить картки нових забоїв. Розклавши всі картки на столі і приставляючи їх одну до одної по вертикалі і горизонталі, він може відновити повну картину виробленої частини родовища.

Багато треба докласти праці, щоб обробити наукові матеріали, зібрані в експедиціях. Треба, наприклад, вивчити колекції викопних рослин, безхребетних або хребетних тварин, дослідити гірські породи та мінерали.

Усі геологи повинні вміти працювати з мікроскопом, щоб визначати шліфи (зрізи) гірських порід та мінералів, шліфи з мікрофауною та ін.

У народному господарстві нашої країни геологи потрібні всюди. Без геологічних даних не можна проектувати і будувати міцно, з певністю, що не буде аварій і катастроф, з найменшою затратою коштів, праці і часу.

Будівництво різних великих жилих, громадських та заводських будівель, шосейних, автомобільних доріг і залізниць, аеродромів, великих мостів через річки, прориття каналів та тунелів, спорудження великих гребель на річках — все це роботи, які потребують участі інженера-гідрогеолога.

Він повинен ще до початку будівництва дослідити грунт, на якому ставитиметься споруда, з'ясувати, на якій глибині треба закласти фундамент, знати водонепроникність або водоносність порід під будівлею, дорогою або в стінах тунелю.

Гідрогеологи вивчають підземні води, їх склад та напрями пересування, з'ясовують умови виведення вод на земну поверхню для забезпечення населених пунктів або для відведення води, якщо вона шкідлива для здоров'я людей або може шкідливо впливати на стійкість фундаментів будівель.

У районах, де часто бувають землетруси, геолог допоможе будівельникам вибрати тип будівель, що видержує струси землі.

Великі родовища корисних копалин, особливо рудних, завжди розробляють під нагля-

[1] *Забій* — розроблюваний кінець гірничої виробки.

[1] *Штольня* — горизонтальна або трохи похила гірнича виробка, що має безпосередній вихід на поверхню.

дом геолога. Він стежить, як змінюється родовище вглиб і по простяганню, дає вказівки, де проводити розвідувальні роботи і які свердловини або підземні виробки потрібні.

Тепер, юні друзі, ви маєте загальне уявлення про геологію, і вам повинно бути ясно, чому знання основ геології необхідне всім для загальної освіти. Серед вас, безперечно, знайдуться охочі присвятити своє життя цій дуже цікавій науці і стати геологами. Геологічні знання цінні для нас ще й тому, що озброюють нас силою і могутністю, владою над природою і над багатствами надр землі.

У нашій країні праця геолога почесна і благородна. Вона спрямована на користь великій справі — будівництву комунізму.

БУДОВА ЗЕМНОЇ КУЛІ

Хто з юних читачів не знає захопливого роману Жюля Верна «Подорож до центра Землі»? У ньому Жюль Верн, використовуючи як художній засіб неправдоподібний спосіб проникнення героїв роману через кратер одного з вулканів Ісландії в глибини Землі, розповідає про будову верхньої оболонки Землі, або земної кори, і про історію розвитку життя на ній, як уявляли собі це вчені другої половини XIX ст.

Точно описуючи класичні райони вулканічної діяльності — Ісландію та острови Середземного моря,— письменник вводить своїх героїв у незнані глибини земної кулі.

Не випадково Жюль Верн говорить у своєму романі про вулкани. Виверження вулканів завжди нагонило жах на людину. Намагаючись пояснити грізну діяльність вулканів, люди вже за стародавніх часів склали про них багато легенд. Стародавні греки вважали вулкани володінням бога вогню Гефеста. Особливо цікавив греків вулкан Етна на східному березі о-ва Сіцілії. Виверження Етни, за уявленням грецького поета Піндара (V ст. до н. е.), спричинює стоголовий Тіфон (в старогрецькій міфології — грізне вогнедишне страховище, яке породила богиня Землі Гея), кинутий у надра гори за те, що підняв повстання проти Зевса.

Філософ Емпедокл (близько 490—430 рр. до н. е.) перший став говорити про розплавлений стан внутрішніх частин Землі, посилаючись на діючі вулкани та гарячі джерела. Він вивчав вулкан Етну, по схилах якого часом текли потужні потоки лави, що заливали околиці на десятки кілометрів. Охоплений бажанням вивчити будову вулкана і причину виверження, Емпедокл зробив сміливу подорож у надра кратера Етни і загинув у жерлі вулкана.

За середньовіччя нічого нового про вулкани не було з'ясовано. Тогочасні теорії спиралися в основному на думки старогрецьких філософів.

Пізніше німецький натураліст Атанасіус Кірхер (1601—1680), що вивчав вулканічні виверження і землетруси, у своїй капітальній праці «Підземний світ» описав не тільки надра Землі, але й уявний розріз земної кулі.

На думку Кірхера, Земля всередині — тверде тіло з величезними пустотами, які сполучаються між собою і з поверхнею численними каналами. Центральне ядро зайняте вогнем, а пустоти, що розміщені ближче до поверхні, заповнені почасти вогнем, почасти водою, почасти повітрям.

Інші погляди на будову Землі висловлював англійський учений Джон Вудворт (1665—1722). За його уявленнями, внутрішність Землі заповнена цілком водою. Вода утворює величезну водну сферу, яка сполучається каналами з морями і океанами. Він навів також у своїх працях гіпотетичний (гаданий) розріз земної кулі.

Схеми Кірхера і Вудворта довгий час були широко відомими. Їх наводили навіть у підручниках другої половини XIX ст.

В основному в науці XIX ст. переважало уявлення про вогняно-рідке ядро земної кулі. Це уявлення логічно пояснювало підвищення температури, яке спостерігається при опусканні в глиб Землі, а також вулканіч-

ні явища. Крім того, воно спиралось на космогонічні[1] гіпотези Канта і Лапласа.

Німецький філософ Іммануїл Кант і французький астроном і математик П'єр Сімон Лаплас запропонували гіпотези, в яких вони намагалися дати картину виникнення сонячної системи.

В основу своєї гіпотези Кант узяв туманність, що складається з окремих частинок і перебуває в русі. Зіткнення частинок між собою привели з часом до упорядкування цього руху, і з обертової туманності виникли Сонце і планети. Лаплас вважав, що внаслідок зближення частинок і їх стиснення туманність поступово розжарювалась. Розжарена газова туманність, що оберталася і перевищувала своїми розмірами планетну систему, набула сплюснутої форми. Потім, у міру збільшення швидкості обертання, від туманності поступово відокремлювались шари речовини, що утворювали ряд кілець. Кожне з них під дією сил взаємного притягання між частинками, з яких воно складалось, поступово перетворилося в кулясте тіло — планету, яка спочатку була розжареною, а потім внаслідок випромінювання тепла почала остигати.

Центральна ж частина туманності після стиснення і відокремлення від неї ряду кілець стала Сонцем.

Отже, за гіпотезами Канта і Лапласа, земне ядро повинно бути вогняно-рідким; земна кора — продукт остигання колись вогняно-рідкої кулі.

Проте вже за часів Жюля Верна лунали, правда дуже несміливо, голоси тих, хто не погоджувався з гіпотезою Канта — Лапласа. До цієї меншості, очевидно, належав і Жюль Верн, який вклав свої думки в уста професора Ліденброка, що сумнівався в існуванні вогняно-рідкого земного ядра і пояснював внутрішнє тепло земної кори процесами окислення.

Ця точка зору тепер перемогла в науці. Більшість геофізиків і геологів заперечує тепер стадію вогняно-рідкого стану Землі і пояснює розігрівання земних оболонок в основному процесами радіоактивного розпаду. Радянські вчені при цьому виходять з космогонічних гіпотез, створених у нас в СРСР.

Цікаву гіпотезу утворення планет розробив колектив радянських учених під керівництвом акад. О. Ю. Шмідта. За цією гіпотезою, планети утворились з хмар космічного пилу, який обертався колись навколо Сонця. О. Ю. Шмідт показав, що така пилова хмара внаслідок зіткнення її частинок між собою мусила дуже швидко перетворитись у сплющений шар, що оточував Сонце. Під дією сил взаємного притягання цей шар перетворився в систему окремих згустків, а надалі з цих згустків утворились планети. За припущенням О. Ю. Шмідта, Земля завжди була холодною, тому земна кора зовсім не шлак, який утворився на поверхні розжареної рідкої маси земної кулі. Кора — складова частина нашої планети — спочатку була холодною і тільки згодом стала нагріватися внаслідок різних, в основному радіоактивних, процесів.

Але не самі тільки гіпотези допомагають тепер ученим проникати у внутрішні частини земної кулі. Для цього існують дуже точні геофізичні методи. Вони грунтуються на вивченні коливань земної кори, спричинюваних землетрусами або штучними вибухами.

Основний матеріал для вивчення будови земної кулі ми дістаємо з записів коливань земної поверхні чутливими приладами — сейсмографами[1], встановленими на численних сейсмічних станціях світу. Самі коливання зумовлюються землетрусами. Вогнища землетрусів лежать в глибинах земної кулі, іноді за кілька сотень кілометрів від поверхні.

Кожний землетрус спричинює коливальний рух, що поширюється від вогнища в усіх напрямах (див. стор. 39—42).

Якби Земля була однорідним тілом, то сейсмічні хвилі поширювалися б прямолінійно і з однаковою швидкістю. Вивчення швидкостей поширення різних хвиль у Землі показало, що земна куля складається з ряду концентричних зон, які мають різну щільність. Намічається кілька зон з різними пружними властивостями. Перша зона сягає від поверхні Землі на глибину близько 50—60 *км*. Вона являє собою так звану земну кору, що складається в основному з кристалічних порід. Під нею залягає підкорова речовина більшої густини, але разом з тим, мабуть, пластичніша. До глибини близько 1200 *км* іде рівномірне зростання швидкостей сейсмічних хвиль, що треба пояснити зростанням тиску в однорідному складі цього шару.

[1] *Космогонія* — наука про походження і розвиток небесних тіл та їх систем.

[1] *Сейсмографи* — прилади, що реєструють коливання земної поверхні.

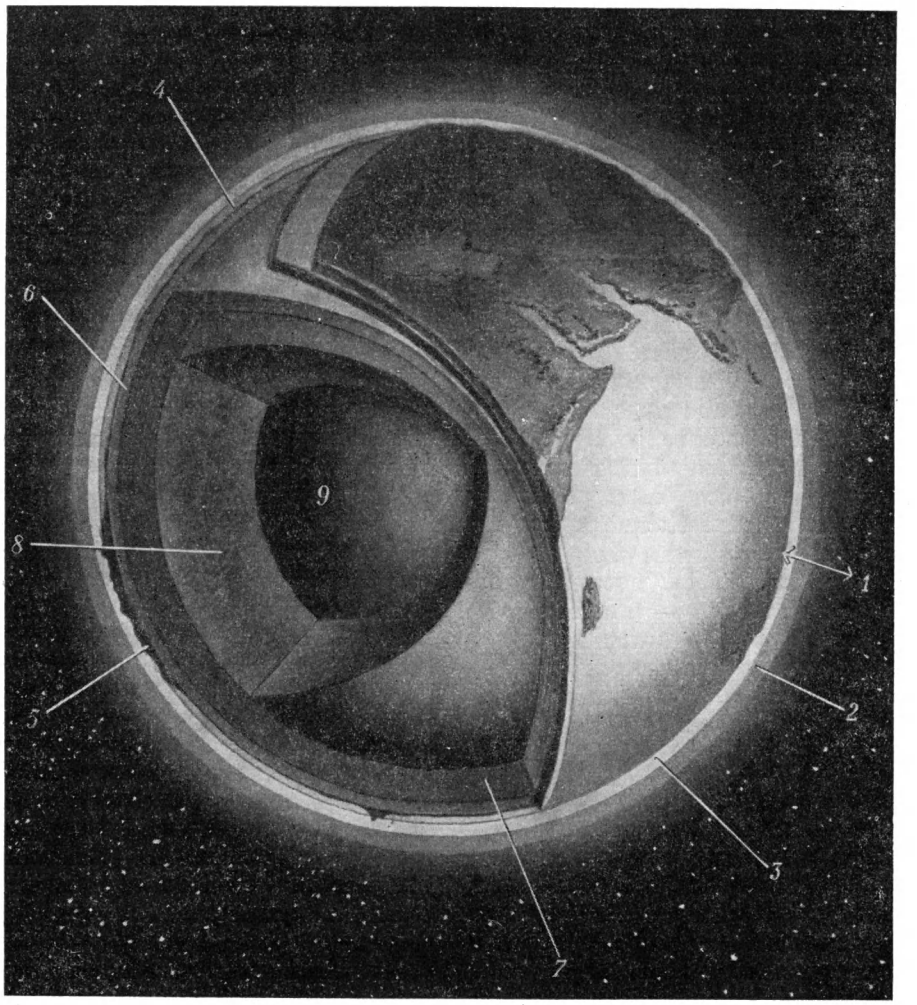


Схема будови нашої планети:

1 — атмосфера, понад 1000 *км*; *2* — стратосфера, у середньому від 11 до 80 *км* від поверхні Землі; *3* — тропосфера, у середньому 11 *км* від поверхні Землі; *4* — гідросфера, понад 10 *км*; *5* — гранітний шар, до глибини 10—15 *км*; *6* — базальтовий шар, до глибини 50—60 *км*; *7* — підкорова частина внутрішньої оболонки Землі; *8* — внутрішня оболонка Землі, до глибини 2900 *км* (у ній швидкість поширення сейсмічних хвиль наростає до 13,6 *км/сек*); *9* — ядро (у ньому швидкість поширення хвиль до 8 *км/сек*).

Далі вглиб зростання швидкості сейсмічних хвиль сповільнюється.

Нарешті, дуже різкий стрибок відбувається на глибині 2900 *км*. Частина земної кулі, що лежить між підошвою земної кори, на глибині 50—60 *км*, і глибиною 2900 *км*, називається оболонкою Землі. Частина земної кулі, що лежить всередині поверхні поділу на глибині понад 2900 *км*, називається ядром Землі, а сама поверхня поділу — межею ядра.

Ядро Землі складається з такої речовини, яка не чинить опору зміні форми, тобто вона реагує на сейсмічні коливання як рідке або газоподібне тіло.

Верхній покрив земної кулі, який складає континенти і ложа океанів, поділяється на два основних шари. Крайній верхній шар

континентальної частини земної кори складається в основному з нашарувань, так званих осадових порід та порід, близьких складом до гранітів. Тому верхній шар звичайно називають гранітним, хоч треба пам'ятати, що ця назва умовна, бо в цьому шарі є й інші породи, а склад його може трохи змінюватися від одного району до іншого.

Нижче лежить так званий базальтовий шар. Основну роль в його будові відіграють породи, багаті на магній і залізо і бідні на кремнекислоту. Це різновидності базальтової групи порід, і тому нижній шар кори дістав назву базальтового. Цей шар відокремлюється від нижчих порід підкорового шару поверхнею, яка добре розрізняється сейсмічними хвилями. Ця поверхня називається поверхнею С. Мохоровичича, за ім'ям югославського вченого, який її відкрив. Швидкість сейсмічних хвиль глибше від поверхні поділу відразу збільшується до 8 *км/сек*, що зумовлено збільшенням густини речовини Землі.

Речовина земної кори перебуває в кристалічному стані. Товщина земної кори менша під океанами, ніж під континентами. Можливо, що під дном Тихого океану взагалі немає гранітного шару.

Крайня верхня частина земної кори в значній мірі складається з шаруватих осадових порід, що утворилися в результаті осідання різних дрібних частинок у морях і океанах. У них поховані рештки тваринних організмів і рослин, що населяли колись земну кулю. Загальна товщина осадових порід не перевищує 12—15 *км*. Їх послідовні нашарування і скам'янілості тварин і рослин, що в них містяться, дають змогу ученим-геологам відновлювати історію розвитку життя на Землі.

Верхня частина внутрішньої оболонки Землі хімічним складом найближча до складу гірських порід, відомих під назвою перидотитів і піроксенітів, дуже багатих на магній і залізо, із значною питомою вагою.

Ми маємо деякі докази реального існування цієї підкорової оболонки. У масах порід, що заповнюють вертикальні алмазоносні «трубки» Кімберлі в Південній Африці, а також в алмазних копальнях Якутії є численні винесені з великих глибин шматки олівінових та перидотитових порід. Це найглибші з відомих нам матеріалів, що складають Землю. Проте методами сучасної геофізики ми пізнаємо Землю і далі вглиб, правда, вже тільки щодо розподілу матеріалу за густиною і пружністю, не знаючи поки що інших його властивостей.

Отже, можна вважати, що внутрішня оболонка Землі сягає до глибини 2900 *км*. Речовина оболонки тверда, але пластична і в нижній частині не має кристалічної структури (аморфна). Склад цієї оболонки, очевидно, той самий, що і в крайній верхній (підкоровій) частині. Зміна густини оболонки Землі зв'язана не стільки із зміною складу, скільки з тиском, тут величезним.

Так, наприклад, тиск на одиницю поверхні дорівнює:

глибина в кілометрах	тиск в атмосферах
5	1350
50	13 500
800	296 100
3200	1 677 900

Земне ядро має властивості рідини. Радіус земного ядра 3471 *км*. При переході від оболонки до ядра різко змінюються фізичні властивості речовини. Причиною такої зміни є, мабуть, зміна атомної структури під дією високих тисків, що досягають близько 3 млн. атмосфер. Температура всередині Землі підвищується до 2000—3000°, при цьому найшвидше температура підвищується в земній корі, далі — значно повільніше, а на великих глибинах лишається сталою.

Густина Землі збільшується з 2,6 на поверхні до 6,8 на межі ядра Землі. В самому ядрі густина збільшується до 10, а в його центральних частинах перевищує 12.

До недавнього часу вважали, що ядро має залізний склад, аналогічний до залізних метеоритів, а оболонка — силікатний склад, що відповідає кам'яним метеоритам. Проте, за сучасними науковими поглядами, причина різкого стрибка густин і різкого зменшення твердості на межі ядра Землі не в поділі речовини за хімічним складом, а в фізико-хімічному процесі — частковому зруйнуванні електронної оболонки атомів при критичному тиску, що досягає 1,4 млн. атмосфер. Відрив електронів від ядер внаслідок величезного тиску і високої температури полегшує різке ущільнення речовини і надає їй нових властивостей, подібних твердістю до властивостей рідких тіл (здатністю рідких тіл, зберігаючи

об'єм, змінювати первісну форму), а електропровідністю — до властивостей металів. Тому таке перетворення називають переходом речовини в металеву фазу.

Отже, умови існування матерії на великих глибинах земної кулі різко відмінні від умов на земній поверхні і тих, які ми можемо поки що створити експериментально.

З кожним роком дані геофізики і астрофізики дають нам змогу дедалі краще розбиратися в будові земної кулі, а це в свою чергу розкриває зв'язок ряду дуже важливих геологічних процесів, що відбуваються в земній корі, з процесами в глибинах земної кулі.

Ось чому так важливо і так цікаво вивчати будову нашої планети.

Що відбувається в надрах Землі

ЯК ДІЮТЬ ВУЛКАНИ

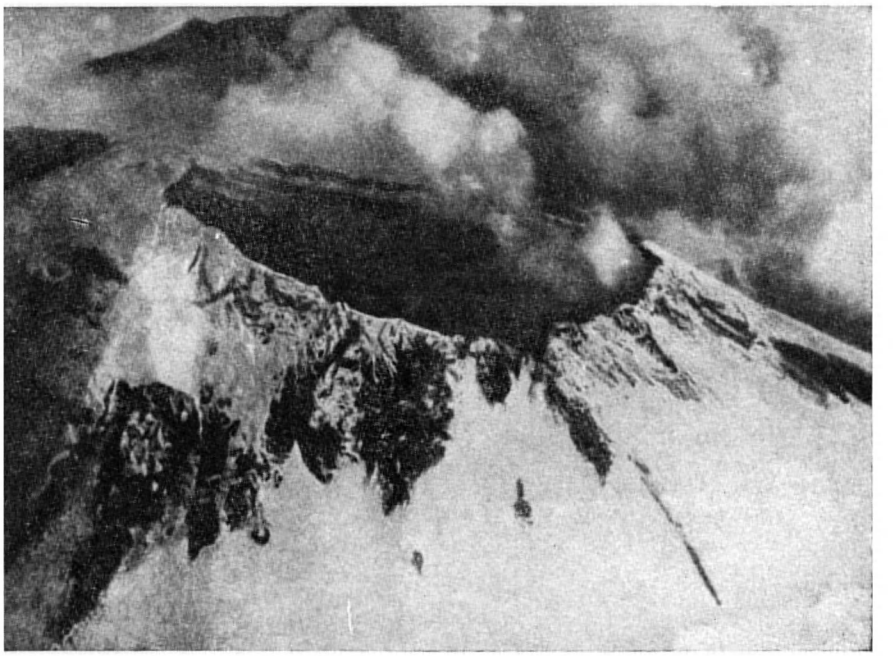
У Тірренському морі в групі Ліпарських о-вів є невеликий острів Вулькано. Більшу частину острова займає гора. Ще за незапам'ятних часів люди бачили, як з її вершини іноді виривались хмари чорного диму, вогонь і високо вгору викидались розжарені камені.

Стародавні римляни вважали, що цей острів є вхід у пекло, що він є також володінням бога вогню і ковальського ремесла Вулкана. За ім'ям цього бога вогнедишні гори пізніше стали називати **вулканами**.

Виверження вулкана може тривати кілька днів і навіть місяців. Після великого виверження вулкан знову заспокоюється на кілька років і навіть десятиріч. Такі вулкани називаються **діючими**.

Є вулкани, які вивергались за давно минулих часів. Деякі з них зберегли форму красивого конуса. Про їх діяльність у людей не залишилося ніяких відомостей. Їх називають **згаслими**, як, наприклад, у нас на Кавказі гори Ельбрус і Казбек, вершини яких вкриті блискотливими, сліпучо-білими льодовиками. В давніх вулканічних областях є глибоко зруйновані і розмиті вулкани. В нашій країні такі області — Крим, Забайкалля та інші місця.

Вулкани звичайно мають форму конуса, схили якого більш положисті біля підніжжя і крутіші ближче до вершини.



Кратер вулкана, що перебуває в спокої. На льодовиках, що підступають до самого кратера, видно попіл і брили каміння, викинуті під час останнього виверження. (Фото зроблено з літака).

Якщо піднятися на вершину діючого вулкана, коли він у стані спокою, то можна побачити кратер[1] — глибоку западину з крутими стінами, схожу на велетенську чашу. Дно кратера вкрите великим і дрібним камінням, а з тріщин на дні і стінах кратера підіймаються струмини газу і пари. Іноді вони спокійно виходять з-під каміння і з щілин, іноді вириваються бурхливо, з шипінням і свистом. Кратер заповнюють задушливі гази, підіймаючись угору, вони утворюють хмарку над вершиною вулкана. Місяці і роки вулкан може спокійно куритись, поки не станеться виверження. Перед виверженням часто буває землетрус: чути підземний гуркіт, посилюється виділення пари і газів, згущаються хмари над вершиною вулкана.

Потім під тиском газів, що вириваються з надр землі, дно кратера вибухає. На тисячі метрів викидаються густі чорні хмари газів і водяної пари, змішаних з попелом, і все навкруги поринає в темряву. З вибухом і гуркотом з кратера летять уламки розжарених до червоного каменів, утворюючи велетенські снопи іскор. З чорних, густих хмар на землю сиплеться попіл, іноді випадають зливи, утворюючи потоки грязі, які скочуються по схилах і заливають навколишню місцевість. Спалахи блискавок безперервно прорізують темряву. Вулкан гуркотить і двигтить, по жерлу його підіймається розплавлена вогняно-рідка лава. Вона бурлить, переливається через край кратера і спадає вогняним потоком по схилах вулкана, все спалюючи і знищуючи на своєму шляху.

При деяких вулканічних виверженнях лава не виливається.

Виверження вулканів відбуваються також на дні морів і океанів. Про це дізнаються мореплавці, коли раптом бачать стовп пари над водою чи «кам'яну піну» — пемзу, що плаває на поверхні. Іноді судна натикаються на несподівано виниклі мілини, утворені новими вулканами на дні моря. З часом ці мілини — вивержені маси — розмиваються морськими хвилями і безслідно зникають.

Деякі підводні вулкани утворюють конуси, що островами виступають над поверхнею води.

У давнину люди не вміли пояснити причини виверження вулканів. Це грізне явище природи нагонило на людину жах.

Проте вже у стародавніх греків і римлян, а пізніше і в арабів виникла думка, що в глибині Землі є величезне море підземного вогню. Хвилювання цього моря і спричинює виверження вулканів на земній поверхні.

У кінці минулого століття від геології відокремилась особлива наука — вулканологія.

Тепер поблизу деяких діючих вулканів організують вулканологічні станції — обсерваторії, де вчені ведуть систематичні спостереження за вулканами. У нас така вулканологічна станція є на Камчатці, в селищі Ключі. Коли якийсь вулкан починає діяти, вулканологи негайно виїжджають до нього і ведуть спостереження за виверженням.

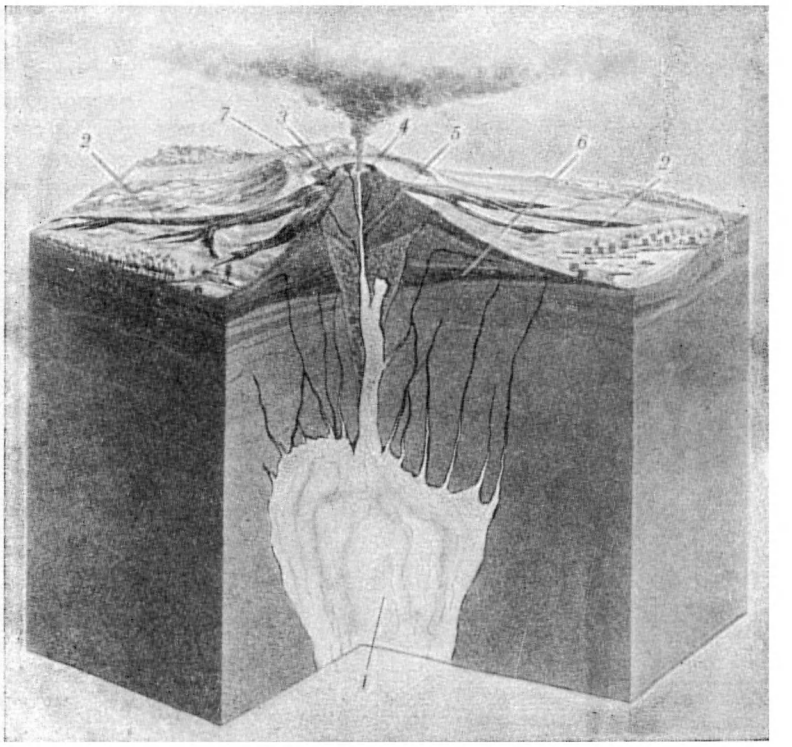
[1] *Кратер* — по-грецькому «велика чаша».

Вивчаючи вулканічну лаву, можна зрозуміти, як перетворювався розплавлений матеріал у тверду гірську породу.

Вулканологи досліджують також згаслі і зруйновані давні вулкани. Нагромадження таких спостережень і знань дуже важливе для геології.

Давні зруйновані вулкани, що діяли десятки мільйонів років тому і майже зрівнялися з поверхнею Землі, допомагають вченим розпізнати, як розплавлені маси, що знаходяться в надрах Землі, проходять у тверду земну кору і що утворюється, коли вони стикаються (входять в контакт) з гірськими породами. Звичайно в місцях контакту завдяки хімічним процесам утворюються руди корисних копалин — родовища заліза, міді, цинку та інших металів (див. стор. 99—102).

Струмини пари в кратерах вулканів — ф у м а р о л и — виносять з собою деякі речовини в розчиненому стані. По тріщинах кратера і біля нього, навколо таких фумарол відкладаються сірка, нашатир, борна кислота, які використовуються в промисловості.



Модель вулкана Везувію з решгками старого кратера:

1 — осередок магми; *2* — потоки лави; *3* — конус Везувію; *4* — кратер; *5* — канал, по якому гази й магма піднімаються до кратера; *6* — шари лавових потоків, попелу, лапілів та інших пухких матеріалів більш ранніх виверженъ; *7* — решгки старого кратера вулкана.

Вулканічний попіл і лава містять у собі багато сполук елемента калію і перетворюються в дуже родючі грунти. На таких грунтах розводять сади або використовують землі для рільництва. Тому, хоч поблизу вулканів жити й небезпечно, там майже завжди виростають селища або міста.

Чому ж бувають виверження вулканів і звідки береться така величезна енергія всередині земної кулі?

Відкриття явища радіоактивності у деяких хімічних елементів, особливо урану і торію, наводить на думку, що всередині Землі нагромаджується тепло від розпаду радіоактивних елементів. Вивчення атомної енергії ще більше підтверджує цю думку.

Нагромадження тепла в Землі на великій глибині розжарює речовину Землі. Температура підіймається так високо, що ця речовина повинна була б розплавитись, але під тиском верхніх шарів земної кори вона вдержується в твердому стані. В тих місцях, де тиск верхніх шарів слабшає внаслідок руху земної кори і тріщин, що при цьому утворюються, розжарені маси переходять з твердого стану в рідкий.

Маса розплавленої кам'яної породи, насичена газами, що утворюється глибоко в надрах Землі, називається м а г м о ю[1]. Під величезним тиском виділюваних газів магма, розплавляючи навколишні породи, прокладає собі шлях і утворює жерло, або канал, вулкана. Гази, звільняючись, вибухами розчищають шлях по жерлу, розламують тверді гірські породи і викидають шматки їх на велику висоту. Це явище завжди спостерігається перед виливанням лави і завжди супроводиться землетрусами в місцевостях навколо вулкана.

Як розчинений у шипучому напої газ при розкупорюванні пляшки виділяється, утворюючи піну, так і в жерлі вулкана пінлива магма навально викидається газами, що звільняються з неї, розпилюючи і розриваючи на шматки розжарену масу.

[1] *Магма* — по-грецькому «густа маса».

Хоч це й небезпечно, геологи спускаються в кратер діючого вулкана.

Втративши значну кількість газу, магма виливається з кратера і вже як лава тече по схилах вулкана.

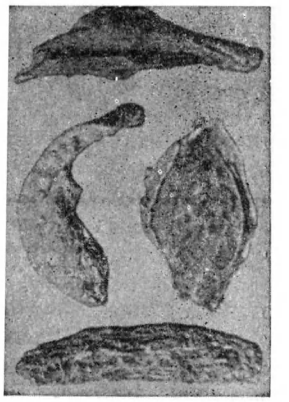
Якщо магма в земній корі не знаходить виходу на поверхню, то вона твердне у вигляді жил у тріщинах земної кори. Буває, що розплавлена магма застигає під землею на великій ділянці і утворює величезне однорідне тіло, яке розширюється вглиб. Розміри його можуть досягати сотень кілометрів у поперечнику. Такі тіла застиглої магми в земній корі називаються батолітами[1].

Іноді магма проходить по тріщині, піднімає куполом шари землі і застигає в формі, схожій на хлібину (див. стор. 95). Такий утвір називають лаколітом. Назва «лаколіт» походить від грецьких слів «лакос» — яма і «літос» — камінь.

[1] *Батос* — по-грецькому «глибина», *літос* — «камінь».

Лава буває різна за своїм складом і залежно від цього може бути рідкою або густою і в'язкою. Якщо лава рідка, то вона досить швидко розпливається, утворюючи на своєму шляху лавоспади. Гази, вириваючись з кратера, викидають розжарені фонтани лави, бризки якої застигають у кам'яні краплі — лавові сльози. Густа лава тече повільно, ламається на брили, що нагромаджуються одна на одну, а гази, виходячи з неї, відривають від брил шматки в'язкої лави і високо підкидають їх. Якщо згустки такої лави, піднімаючись угору, обертаються, то вони набувають веретеноподібної або кулястої форми. Такі застиглі шматки лави різних розмірів називають вулканічними бомбами. При застиганні лави, переповненої газами, утворюється кам'яна піна — пемза. Завдяки своїй легкості пемза плаває на воді і при підводних виверженнях спливає на поверхню моря. Викинуті при виверженні уламки лави завбільшки з горошину або лісовий горіх називають лапілі[1]. Ще дрібнішим, пухкішим виверженим матеріалом є вулканічний попіл. Він падає на схили вулкана і відноситься вітром на велику віддаль, поступово перетворюється в туф. Величезні поклади туфів є у Вірменії. Туф — звичайно дуже легкий, пористий матеріал, його можна легко розпилювати. Він буває різного кольору — рожевий, червоний, зеленуватий, сірий, фіолетовий. Туфи широко використовують як будівельний матеріал для стін і личкування будинків.

На земній кулі є тепер кілька десятків діючих вулканів. Більша частина їх розташована вздовж берегів Тихого океану, в тому числі і наші вулкани на Камчатці. Серед діючих вулканів Камчатки виділяється Ключевська сопка. Коло неї є група згаслих вулканів. Один з них — вулкан Безимянний — у жовтні 1955 р. несподівано пробудився. Великі виверження Ключевської сопки повторюються через кожні 6—7 років і тривають іноді по кілька місяців. З кратера на вершині конуса вики-



Різні форми вулканічних бомб.

[1] *Лапілюс* — по-латинському «камінець».

дається розжарений матеріал і іноді показується розплавлена лава. Буває, що лава пробиває собі новий вихід ще десь на схилі вулкана і звідти теж викидаються бомби і попіл. Навколо виходу лави утворюється новий, порівняно невисокий конус. Такі конуси називаються паразитними. На схилах Ключевського вулкана їх сотні. Лавові потоки іноді спускаються на десятки кілометрів униз по схилу.

Висота вершини з головним кратером Ключевської сопки 4750 *м*. На такій висоті утворюються величезні льодовики, які під час виверження тануть, і тоді з гори мчать бурхливі потоки води.

Поблизу Петропавловська-Камчатського є діючий вулкан Авача, а біля нього — згаслі вулкани — Коряцька і Козельська сопки. Виверження Авачі бувають значно рідше, ніж Ключевської сопки.

На північ від Ключевської сопки височить вулкан Шивелуч. З кратера вулкана не раз викидався змішаний з гарячими газами розжарений попіл, який клубчастою хмарою скочувався по схилу вулкана з величезною швидкістю.

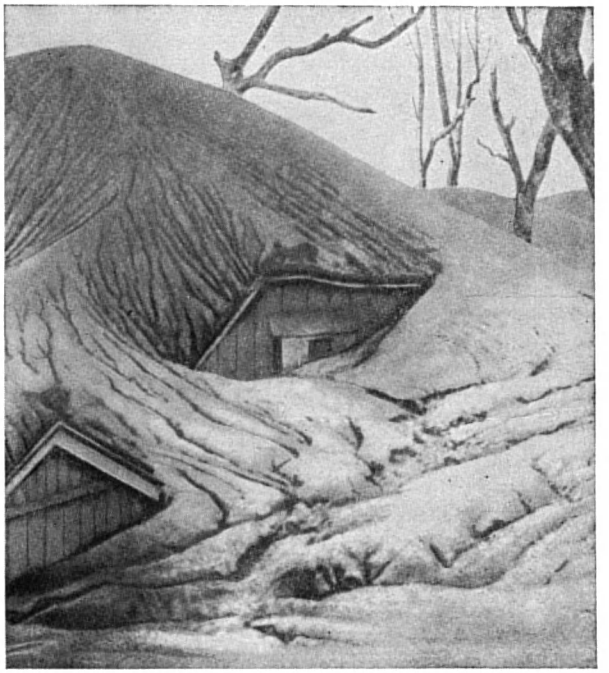
Камчатська вулканічна дуга йде на південь на Курільські о-ви, де вулкани піднімаються прямо з моря. На крайньому північному острові — вулкан Алаїд. Його красивий сніговий конус піднімається над водою майже на 2,5 *км*. На Курільських о-вах далеко більше діючих вулканів, ніж на Камчатці.

На географічній карті видно, що Курільські о-ви, які розташовані дугою, підходять до Японії. Таку ж дугу утворюють і Японські о-ви з численними вулканами, серед яких красується знаменитий вулкан Фудзіяма. На південь від Японії продовжується така ж дуга Філіппінських і Молуккських вулканічних островів. Так, уздовж усього Тихоокеанського берега Азії тягнеться ціла смуга вулканів, які переходять далі через Нову Зеландію на материк Америки.

Лавова бомба типу хлібної скоринки.

У Південній Америці численні вулкани — Кальбуко, Осорно, Вільярріка, Котопахі, Сангай — увінчують гірські пасма Анд. Багато вулканів у Центральній Америці. В Мексіці в 1943 р. на рівному полі утворився новий вулкан, який дістав назву найближчого села —

Застиглий лавоспад.



Вулканічний попіл засипав школу в Японії. Рівчачки на пухкій поверхні попелу утворились від струмків під час великого дощу.

Парікутін. Очевидцем виникнення вулкана був сам господар поля — селянин-індієць з цього села. Він орав свою ниву і відчував, що грунт під ногами з кожним днем стає теплішим. Потім він побачив, що з борозни підіймаються струмини пари, і почув сильний гуркіт під землею. Селянин перелякався і побіг у село розповісти про це «чудо».

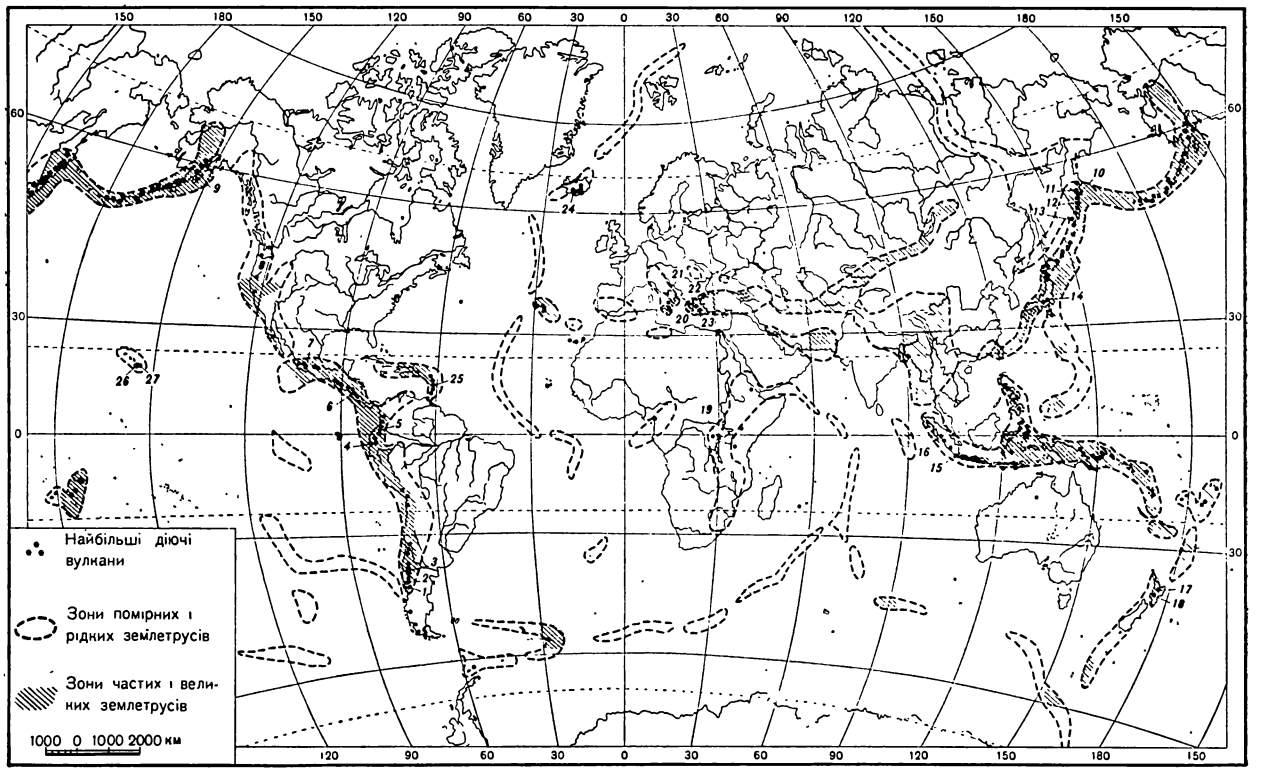
Почався землетрус. Над полем з вибухом піднялись клуби пари і хмари піску. Високо злітали догори великі камені. Рятуючись, жителі села кинулись тікати. В селі випав густий попіл. Серед поля вирвало отвір, з якого безперервно викидалась маса розжарених до червоного каменів і попелу, утворюючи навколо кратера насип. З кратера валив густими клубами чорний дим. Кожні 5—10 секунд сильні вибухи викидали вгору безліч каміння і шматки м'якої розжареної лави. Потім потекла лава. Розжарена маса повільно пливла по схилу новоутвореного вулкана в напрямі до села. Лавовий потік знищував на своєму шляху все живе. Так утворився на очах у людей новий вулкан — Парікутін (див. рис. на стор. 32). Величезної сили виверження його тривало понад рік, але і після цього вулкан не припиняв своєї діяльності. Село Парікутін було поховане під потоком лави.

Ключевська сопка — найвищий вулкан на Камчатці.

На Тихоокеанському узбережжі Північної Америки вулкани вже майже згасли. Тут потроху діє тільки вулкан Лассен-Пік. Від Аляски до Камчатки тягнуться дугою Алеутські о-ви, де багато діючих вулканів.

З карти розподілу вулканів на Тихому океані видно, що океан цей оточений вулканами, які утворюють, як кажуть, «вогняний пояс».

У центральній частині Тихого океану, на Гавайських о-вах, є особливого типу вулкан Кілауеа. На дні його широкого плоского кратера — кальдéри, близько 5 *км* у поперечнику, серед застиглих брил чорної лави — вогняне озеро 700—800 *м* завширшки. Воно завжди заповнене розплавленою лавою. Гази, що виділяються з розплавленої лави, надають їй постійного руху.



Карта розподілу вулканів на земній кулі.

Назви вулканів:

1. Кальбуко	Півд. Америка	10. Ключевська сопка	Камчатка	19. Ньямлагіра	Африка
2. Осорно	» »	11. Шивелуч	»	20. Етна	Середземне море
3. Вільярріка	» »	12. Авача	»	21. Везувій	» »
4. Сангай	» »	13. Алаїд	Курільські о-ви	22. Стромболі	» »
5. Котопахі	» »	14. Фудзіяма	о-в Хонсю	23. Санторін	» »
6. Ірасу	Центр. Америка	15. Кракатау	Зондські о-ви	24. Гекла	Ісландія
7. Парікутін	Мексіка	16. Мерапі	Суматра	25. Мон-Пеле	Малі Антільські о-ви
8. Лассен-Пік	Півн. Америка	17. Таравера	Нова Зеландія	26. Кілауеа	Гавайські о-ви
9. Катмай	» »	18. Руапеху	» »	27. Мауна-Лоа	» »

Вночі це дуже гарне видовище. Поверхня озера, остигаючи, вкривається кам'яною кіркою, яку прориває гази, що виділяються, утворюючи мінливу сітку звивистих вогняних тріщин. Серед них час від часу злітають фонтани вогняно-рідкої лави. Рівень лавового озера то спадає, то підвищується. Іноді лава переповнює кратерне озеро, переливається через краї і розпливається по всій кальдері. Лава гавайських вулканів дуже рідка.

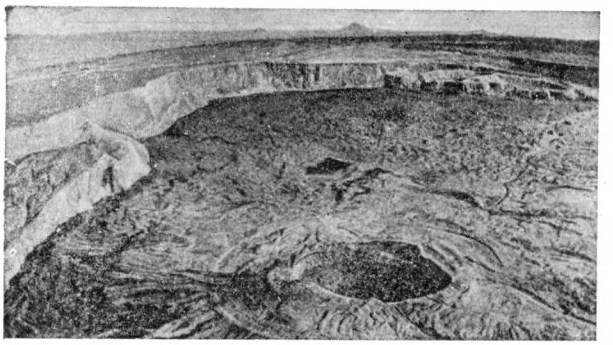
Таких вулканів з лавовими озерами в кратерах на земній кулі мало: поряд з Кілауеа знаходиться кратер Мауна-Лоа, а на материку Африки, майже на екваторі,— вулкан Ньямлагіра з таким самим палаючим озером у кратері.

Численні діючі вулкани є між Азією і Австралією на Великих Зондських о-вах.

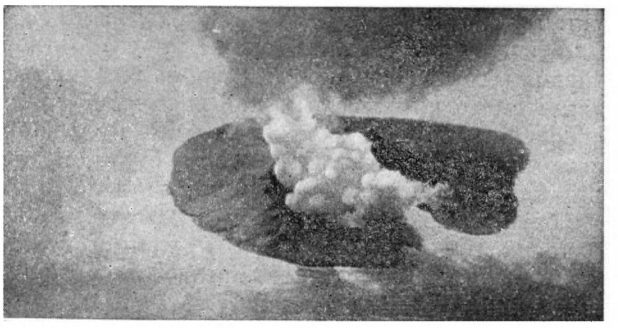
У Зондській протоці є вулканічний острів Кракатау, що має вигляд півмісяця. Жерло вулкана знаходиться під водою, і виступають тільки краї кратера. В 1883 р. під час виверження вулкана стався грандіозний вибух. Більша частина гори обвалилась у море, і піднялось такої сили хвилювання, що величезні хвилі спостерігали на всіх океанах земної кулі. Морські хвилі з десятиповерховий будинок завишки зруйнували і спустошили геть чисто все на берегах Яви та Суматри і докотились до берегів Південної Америки, а тонкий вулканічний пил, викинутий під час виверження вулкана Кракатау, оповив усю Землю.

Серед Антільських о-вів в Атлантичному океані є острів Мартініка з страшним вулканом Мон-Пеле. В 1902 р. під час виверження

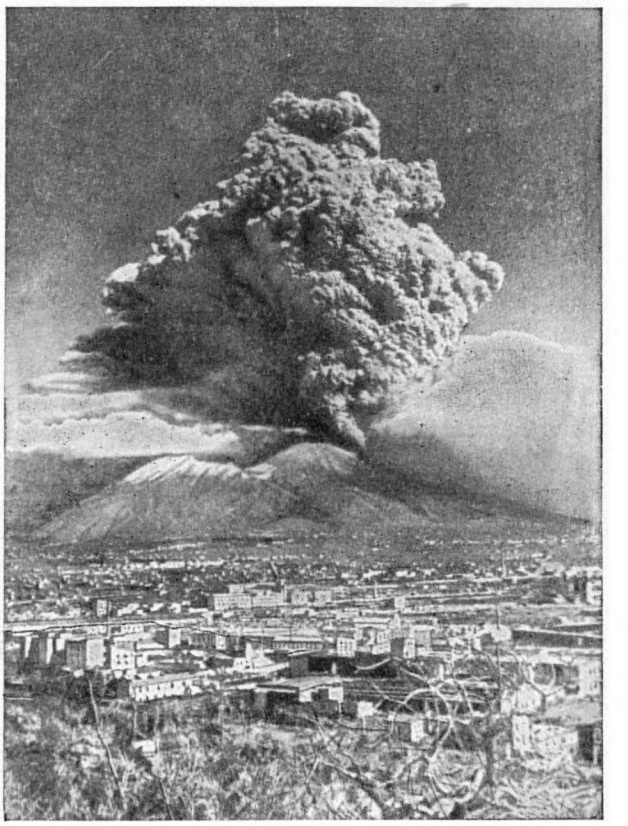
Вулкан Парікутін через 8 місяців після виникнення в 1943 р.



Кратер вулкана Кілауеа. В середині озеро, заповнене лавою.



Вулкан Кракатау, що відновив у 1927 р. свою діяльність після 44 років спокою. На місці майже зниклого старого вулкана утворився новий вулканічний острів — Анак-Кракатау.



Так було видно в Неаполя виверження Везувію в 1944 р. Вибухи в величезною силою викидали густі хмари газів і гарячого попелу. По схилу спускались розжарені потоки лави, які зруйнували кілька сіл.

цього вулкана з кратера вирвалась величезна хмара з розжарених газів і тонкого попелу. З страшною швидкістю вона котилась по схилу гори, сіючи на своєму шляху спустошення і смерть.

За кілька хвилин квітучого міста Сен-П'єр біля підніжжя Мон-Пеле не стало. Загинуло 30 тис. жителів, тобто все населення міста!

Під час цього виверження лава не виливалась.

На півночі Атлантичного океану є о-в Ісландія з великими діючими вулканами, що виливали в різний час величезну кількість рідкої лави. Серед діючих вулканів Ісландії широко відомий Гекла.

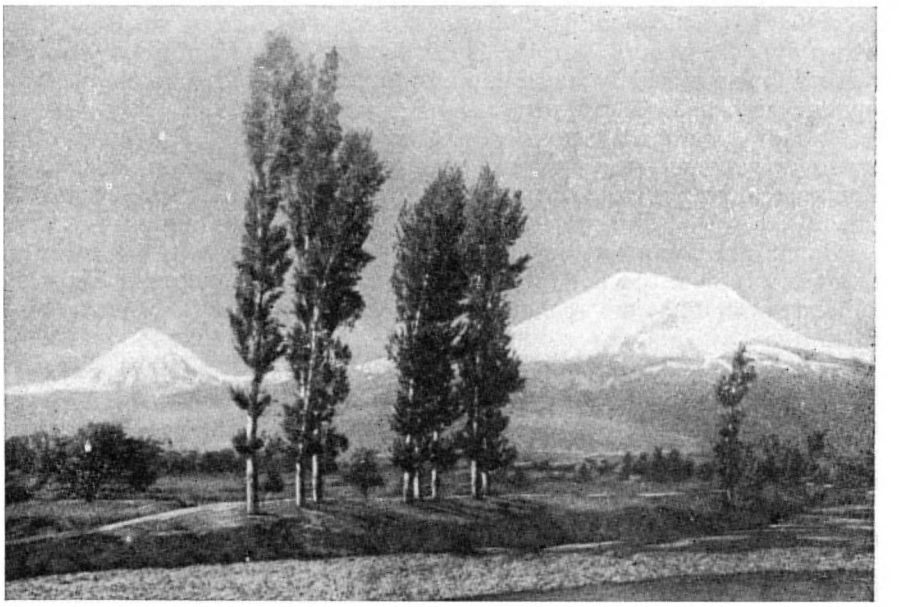
У Середземному морі відомі з давніх часів вулкани Етна, Везувій, Стромболі, Вулькано.

Велике виверження Везувію в 79 р. сталося несподівано; до того часу Везувій вважали звичайною горою, а не вулканом. Після виверження вся квітуча рослинність зникла під улам-

Долина гейзерів на Камчатці.

Виверження вулкана Авача на Камчатці.

ками і потоками грязі. Куски викинутих каменів і попіл вкрили схили і місцевість навколо Везувію, при цьому загинуло три міста — Помпеї, Геркуланум і Стабія, — затоплені грязевими потоками і засипані попелом. Тільки через сімнадцять століть, коли люди забули вже про зниклі міста, випадково, копаючи колодязь, знайшли мармурові статуї грецьких богів. Незабаром почались розкопки, і археологи виявили поховане місто Помпеї, а потім і два інших. З того часу Везувій вивергався багато разів і детально досліджений ученими.



Великий і Малий Арарат. Вкрита вічним снігом вершина Великого Арарату піднімається на 5156 м над рівнем моря.

Велике виверження Везувію відбулось у 1944 р., завдавши значних спустошень навколишній місцевості. Лава йшла з великою швидкістю, що досягала 5 *км* на добу.

Своєрідний вулкан Стромболі діє безперервно на одному з Ліпарських о-вів. Це конічна гора, що піднімається з моря, завжди з хмаркою диму на вершині. З його кратера через більш-менш правильні проміжки часу вирівається стовп пари, що супроводиться вибухом. Одночасно викидаються куски в'язкої розжареної лави і камені. Вночі при кожному вибуху розжарена лава освітлює хмари пари яскраво-червоним полум'ям, потім заграва поступово блідне і через деякий час знову розгоряється так само яскраво. Це явище видно здалеку; воно є маяком для мореплавців у найближчому районі Середземного моря.

На схід від Середземного моря розкидані широкою смугою згаслі вулкани Малої Азії і Кавказького хребта: Арарат, Казбек, Ельбрус.

З вулканічною діяльністю зв'язані г е й з е р и, г а р я ч і к л ю ч і і м і н е р а л ь н і д ж е р е л а.

ЩО ТАКЕ ГЕЙЗЕР

Г е й з е р и, г а р я ч і к л ю ч і т а м і н е р а л ь н і д ж е р е л а — останні відгомони грізної вулканічної діяльності.

Гейзери — незвичайне і своєрідне явище природи. Це киплячі джерела, з яких через певні проміжки часу викидається кип'яток. З вибухом і гуркотом величезний стовп киплячої води, оповитий густими клубами пари, злітає вгору великим фонтаном, розсипаючись на висоті іноді до 80 *м*.

Фонтан б'є деякий час, потім вода зникає, клуби пари розходяться, і настає стан спокою.

Деякі гейзери викидають воду зовсім невисоко або тільки розбризкують, а є гарячі джерела, схожі на калюжі, в яких вода кипить бульбашками. Звичайно навколо гейзера є

басейн або неглибокий кратер, поперечник якого буває в кілька метрів. Краї такого басейну і суміжні майданчики вкриті відкладами кремнезему, що є в кип'ятку. Ці відклади називаються гейзеритом. Коло деяких гейзерів утворюються конуси з гейзериту від кількох сантиметрів до кількох метрів заввишки.

Зараз же після виверження гейзера звільняється від води басейн, і на дні його можна побачити заповнений водою канал (жерло), який іде глибоко під землю.

Перед початком виверження вода піднімається, повільно заповнює басейн, вирує, вихлюпується, а потім з вибухом високо злітає фонтан кип'ятку. Через деякий час виверження припиняється.

Гейзери — дуже рідке і одне з найкрасивіших явищ природи. Його можна спостерігати у нас в СРСР (на Камчатці), в Ісландії, в Новій Зеландії і в Північній Америці. Невеликі поодинокі гейзери трапляються в деяких інших вулканічних областях.

Виверження гейзера «Жемчужний» (Камчатка).

У східній частині Камчатки, на південь від Кроноцького озера, багато гейзерів є в долині р. Гейзерної. Вона бере свій початок на безживних схилах згаслого вулкана Кіхпінич, а в нижній течії утворює долину до 3 *км* завширшки. На уступах схилів цієї широкої долини є безліч гарячих ключів, гарячі і теплі озерця, грязеві котли і гейзери.

Тут є близько 20 великих гейзерів, крім малих, що вихлюпують воду всього на кілька сантиметрів. Навколо деяких гейзерів грунт теплий, а іноді навіть гарячий. Навколо багатьох гейзерів є напливи різнобарвного гейзериту вигадливих форм, схожих на гарні штучні решітки. Іноді гейзерит вкриває площу на кілька десятків квадратних метрів. Так, наприклад, навколо найбільшого камчатського гейзера «Велетень», що викидає величезний фонтан на висоту в кілька десятків метрів, утворився майданчик гейзериту приблизно з гектар. Увесь він вкритий напливами у вигляді маленьких кам'яних трояндочок сірувато-жовтого забарвлення. Цей майданчик спускається до річки красивими уступами.

Недалеко є гейзер «Жемчужний», названий так за формою і кольором відкладів гейзериту з перламутровим полиском, схожим на перли. Є гейзер «Сахарний» з великими і красивими відкладами ніжно-рожевого гейзериту. Це пульсуюче джерело, вода з якого не фонтанує, а вихлюпується рівномірними поштовхами.

Гейзер «Первенець» знаходиться на кам'янистому гарячому майданчику майже на самісінькому березі р. Шумної, недалеко від гирла р. Гейзерної. Басейн «Первенця» близько півтора метра в діаметрі і стільки ж завглибшки, оточений великими кам'яними брилами. Якщо заглянути в басейн зараз же після виверження, можна побачити, що в ньому зовсім немає води і на дні є отвір або канал, що косо йде в глибину. Через деякий час під землею починається гуркіт, схожий на шум мотора, по каналу піднімається вода, поступово наповнюючи басейн. Вона кипить, доходить до країв басейну, піднімається все вище й вище, вихлюпується і, нарешті, з вибухом вивергається. Косо напрямлений стовп кип'ятку, оповитий густими хмарами пари, з гуркотом піднімається на висоту не менш як 15—20 *м*. Потужний фонтан б'є дві-три хвилини, потім настає тиша, пара розходиться, і в спус-

тілий басейн можна знову заглянути без риску. Через короткий час знову чути гуркіт і гейзер знову починає діяти. Цей процес триває іноді багато століть.

Ісландія з давніх часів славиться своїми гарячими джерелами, киплячими ріками і гейзерами. У долинах майже всіх рік Ісландії видно, як піднімаються хмарки пари від киплячих джерел і гейзерів. Їх особливо багато в південно-західній частині острова. Там цікаво подивитися знаменитий «Великий Гейзер». Він має басейн діаметром близько 18 *м*. Гладеньке дно басейну в центрі переходить у кругле жерло близько 3 *м* у діаметрі, формою схоже на розтруб піонерського горна. Канал гейзера йде на велику глибину, сполучаючись під землею тріщинами з печерами, які періодично наповнюються гарячою водою і парою. Температура води в гейзері на поверхні до 80°, а в каналі на деякій глибині до 120°.

Гейзерит.

Виверження «Великого Гейзера» дуже своєрідне і красиве. Воно повторюється через кожні 20—30 годин і триває 2,5—3 години. Підземний гуркіт, вибухи і легке коливання грунту — ознаки того, що починається виверження «Великого Гейзера». Вода в переповненому басейні вирує, вихлюпується і переливається через краї, стікаючи струмками по конусу. Раптом лунає сильний вибух, і потужний фонтан кип'ятку злітає на величезну висоту, б'є деякий час і зникає. Не встигне розійтися пара, як вилітає ще більший і вищий стовп кип'ятку, за ним ще і ще. «Великий Гейзер» фонтанує на висоту до 30 *м*. Поступово висота фонтана зменшується, і, нарешті, гейзер зовсім стихає, тільки густа пара оповиває конус.

Сувора природа Ісландії примушує жителів використовувати деякі гарячі джерела для зрошування полів.

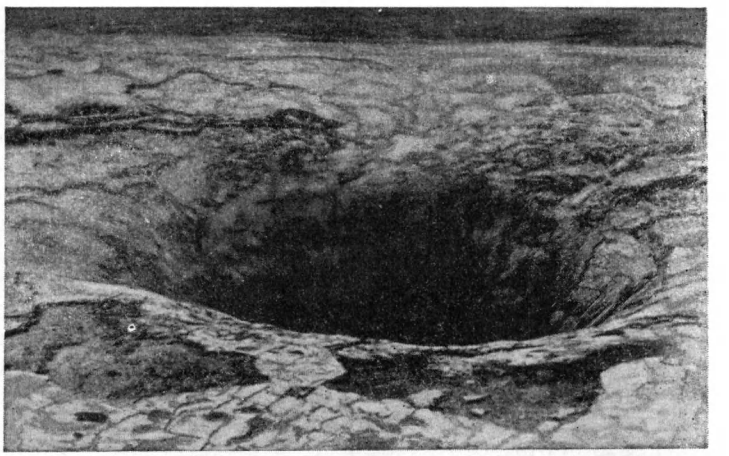
На обігрітих грунтах вирощують овочі і злаки. Гарячою водою джерел опалюють також будинки в містах і селищах. Так, наприклад, столиця Ісландії Рейк'явік вся опалюється водами гарячих джерел.

На Північному о-ві Нової Зеландії вулканічна діяльність в значній мірі припинилась, наслідком її лишились гарячі джерела, гейзери та струмини пари. До 1904 р. тут діяв гейзер «Ваймангу». Це був найбільший гейзер у світі. Під час великого виверження його струмінь викидався в повітря на 450 *м*. Але тепер цей гейзер зовсім зник. Пояснюють це зниженням на 11 *м* рівня води у найближчому озері Таравера.

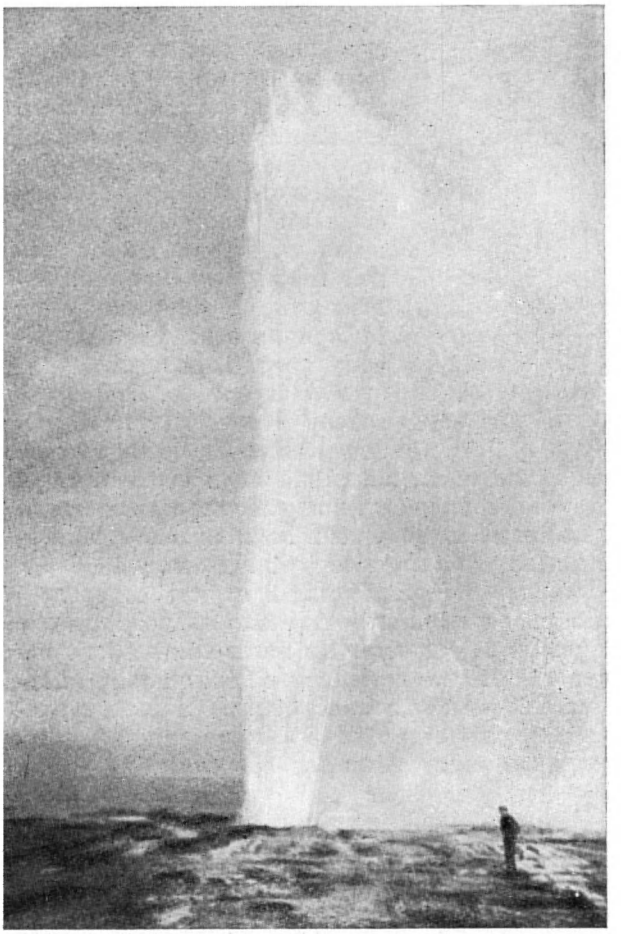
На березі оз. Вайкато є гейзер «Кроус-Нест» («Вороняче гніздо»), виверження якого залежить від рівня води в озері. Коли вода стоїть високо, гейзер вивергається кожні 40 хвилин; якщо рівень води низький, виверження відбувається через 2 години.

Численні і різноманітні гарячі джерела і гейзери є в Північній Америці на межі штатів Вайомінг і Монтана. Це мальовниче місце називається Йєллоустонським національним парком. Це — високе плоскогір'я, порізане глибокими долинами річок і западинами озер, оточене високими сніговими хребтами Скелястих гір.

Кілька мільйонів років тому тут відбувалися дуже інтенсивні вулканічні виверження, наслідком яких і лишився цей дивовижний куточок природи. З 200 гейзерів Йєллоустонського парку найбільше славиться гейзер «Старий Служака», названий так за правильність, з якою він вивергається. Гейзер діє



Кратер «Великого Гейзера» (Ісландія). Виверження щойно кінчилось, і кратер порожній, але частіше в кратері і в плоскому басейні буває повно гарячої води.



«Великий Гейзер» під час найсильнішого виверження. Висота фонтана досягає 30 м.

Виверження гейзера «Старий Служака» в Йєллоустонському національному парку (Північна Америка).

регулярно через кожні 53—70 хвилин; величезний фонтан піднімається на висоту до 50 *м*.

Вважають, що при кожному виверженні цей гейзер викидає приблизно 50 тис. літрів кип'ятку. Протягом багатьох сотень років він не припиняє своєї діяльності, як і деякі інші гейзери та гарячі джерела Йєллоустонського парку.

Уявіть собі, яку величезну кількість тепла виносять ці гейзери і гарячі джерела на поверхню Землі! Гадають, що тепло всіх джерел Йєллоустонського парку може розтопити близько 3 *Т* льоду за секунду.

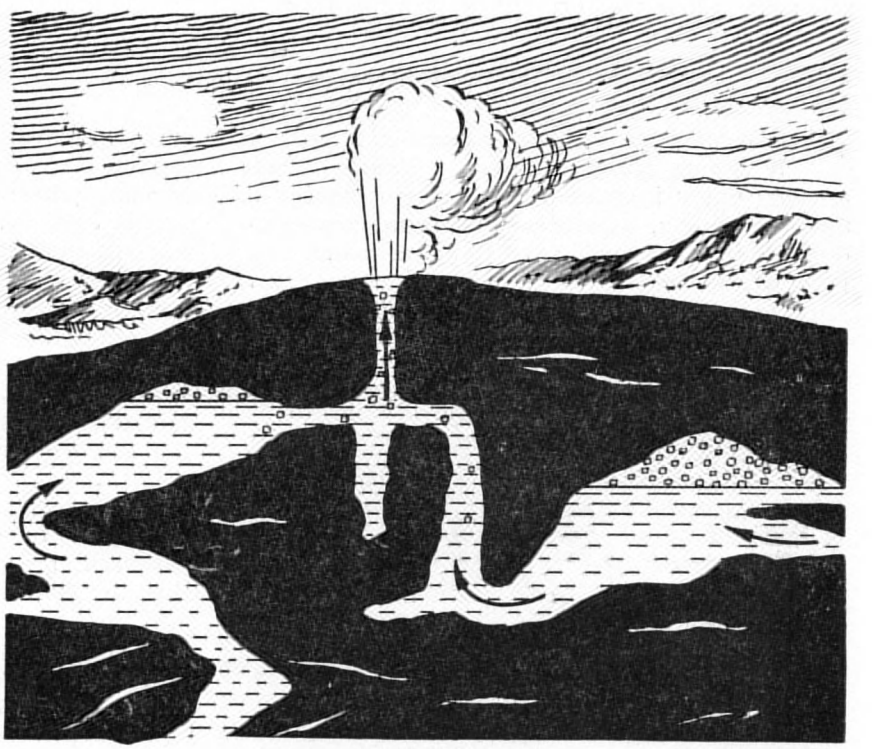
Звідки ж береться це тепло?

Гейзери бувають у районах, де недалеко від поверхні залягає неостигла магма. Гази і пара, що з неї виділяються, піднімаючись, проходять довгий шлях по тріщинах. При цьому вони змішуються з підземними водами, нагрівають їх і самі переходять у гарячу воду з розчиненими в ній різними речовинами. Така вода і виходить на поверхню землі бурливими гарячими ключами, різними мінеральними джерелами, гейзерами і т. ін.

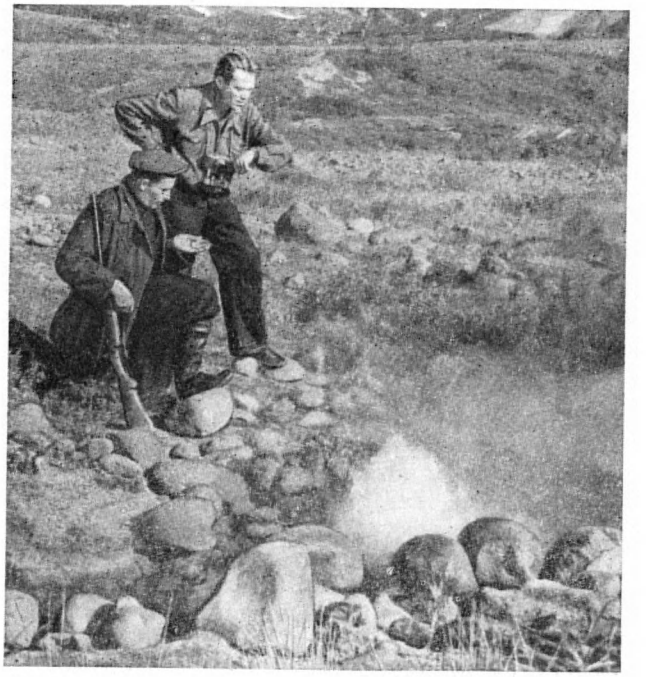
Вчені гадають, що під землею гейзер складається з печер (камер), сполучених проходами і тріщинами (каналами), які трапляються в застиглих лавових потоках. Ці пустоти заповнюються циркулюючими підземними водами, на невеликій глибині від яких знаходяться неостиглі магматичні вогнища.

Виверження гейзерів відбувається по-різному залежно від розміру підземних камер, від форми каналів і розміщення тріщин, від кількості і швидкості припливу в них підгрунтових вод і від надходження тепла з глибини. З фізики відомо, що точка кипіння води при тиску в

1 *ат* на рівні моря дорівнює 100°. Коли тиск збільшується, температура кипіння підвищується, а при зменшенні тиску вона знижується. Тиск стовпа води в каналі гейзера підвищує точку кипіння води на дні каналу. Вода при нагріванні її знизу приходить у рух; нагрітий нижній шар води стає легшим і піднімається на поверхню, а холодніша вода з поверхні опускається вниз, де, нагріваючись, в свою чергу піднімається, і т. д. Отже, пара і гази, що безперервно просочуються по тріщинах з глибини, нагрівають воду, доводячи її до кипіння. Якщо канал гейзера широкий і має більшменш правильну форму, вода, переміщуючись (циркулюючи), перемішується, закипає і вихлюпується на поверхню гарячим джерелом. А коли канал звивистий і вузький, вода не може перемішуватися і нагрівається нерівномірно. Внаслідок тиску зверху стовпа води внизу вода перегрівається і не перетворюється в пару. Пара виділяється окремими бульбашками. Скупчуючись унизу, стиснена пара намагається розширитись, тисне на верхній шар води в каналі і піднімає її настільки, що вона вихлюпується на поверхню землі, піднімаючись невеликими фонтанами — передвісниками виверження. Вихлюпування води зменшує вагу стовпа води в каналі; отже, тиск на глибині зменшується, і перегріта вода, перебуваючи вище від точки кипіння, вмить перетворюється в пару.



Гейзер у розрізі. Штрихами показано воду, а кружечками — гази.



Тиск пари знизу такий великий, що виштовхує воду з каналу величезними фонтанами кип'ятку і клубів пари. Розмір фонтанів гейзерів і характер їх дії залежать від розмірів і розміщення підземних камер, каналів і сили тиску пари.

Гейзер «Часи» (Камчатка). Регулярно, кожні 4 хвилини, він викидає киплячу струмину води температурою понад 120°. Фонтан діє 1 хвилину.

ЧОМУ БУВАЮТЬ ЗЕМЛЕТРУСИ

«О 5 годині 20 хвилин земля здригнулась; її перша судорога тривала майже десять секунд; тріск і скрип віконних рам, одвірків, брязкіт шибок, гуркіт від падіння сходів побудили всіх, хто спав: люди посхоплювались, відчуваючи всім тілом ці підземні поштовхи... Хиталися стіни, зриваючись, падали полиці, посуд, картини, дзеркала, гнулась підлога, меблі тряслись, рухаючись по кімнаті, перекидались шафи, підстрибували столи... Мов паперова, розривалася стеля, сипалась штукатурка... У темряві все хиталось, падало, з тріском провалюючись у якісь виниклі раптом безодні... Земля глухо стугоніла, горбилась під ногами і хвилювалась, утворюючи глибокі тріщини... Здригнувши і похитуючись, будинки нахилялись, по їх білих стінах, мов блискавка, зміїлись тріщини, і стіни розсипались, завалюючи вузькі вулиці і людей серед них важкими купами гострих кусків каміння...

Вулиця Гарібальді в місті Мессіні до землетрусу.

Та сама вулиця після землетрусу.

Усе море гойдається, як величезна чаша, що от-от перевернеться на рештки міста... Здається, що ось зараз уся розбурхана маса його вихлюпнеться на землю до останньої хвилі і краплі...

Піднялась у небо хвиля висотою незмірною, закрила грудьми половину неба і, похитуючи білим хребтом, зігнулась, переломилась, упала на берег і страшною вагою своєю вкрила трупи, будинки, уламки, розчавила, задушила живих і, не вдержавшись на березі, ринула назад, несучи з собою все схоплене...»

Так Олексій Максимович Горький описує події, що сталися в італійському місті Мессіні 28 грудня 1908 р.

Що ж було причиною цієї катастрофи?

Уявіть собі стіл, на якому збудували іграшкову країну, насипали піщані гори, замість озера вкопали в пісок сковорідку з водою; біля підніжжя гори склали ціле місто з кубиків. Як можна одразу зруйнувати всю цю споруду? Якщо дуже дмухнути, наш «ураган» тільки сколихне поверхню води та одвалить від будинків один-два кубики. Якщо кидати на стіл камінці, розвалиться тільки частина будівель. За кілька секунд зруйнувати всю іграшкову країну можна тільки одним способом — з силою вдаривши по столу. Зруйнується все, якщо вдарити не зверху, а знизу, навіть не доторкуючись до жодної з іграшкових будівель. Значить, головною причиною «катастрофи» буде струс стола від удару.

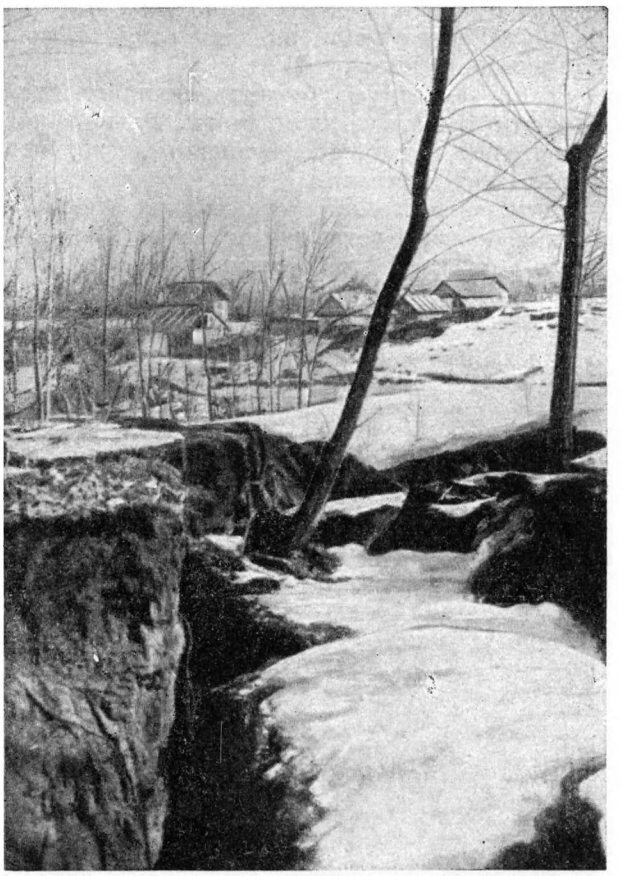
Так само струснути і зруйнувати справжні будинки у великому місті, розхлюпати озера й річки, розкраяти поверхню величезними тріщинами можуть тільки сильні поштовхи і струси самої землі.

ЩО ВІДБУВАЄТЬСЯ ПРИ ВЕЛИКИХ ЗЕМЛЕТРУСАХ

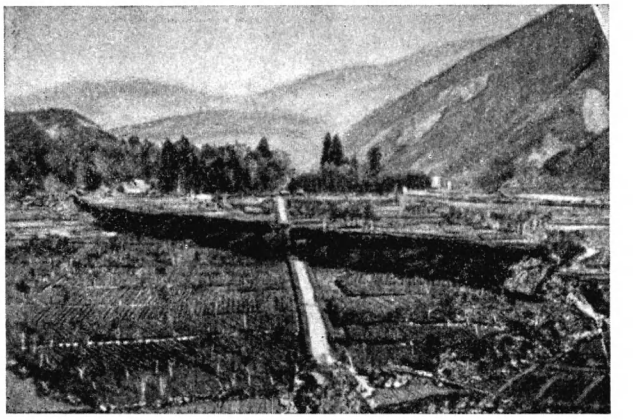
Землетрус починається з розриву і переміщення гірських порід в якому-небудь місці в глибині Землі. Це місце називається вогнищем землетрусу, або гіпоцентром. Глибина його звичайно не перевищує 100 *км*, але іноді доходить і до 700 *км*. Іноді вогнище землетрусу може бути і коло поверхні Землі. В таких випадках, якщо землетрус великий, мости, дороги, будинки та інші споруди розриваються і руйнуються.

Ділянка землі, в межах якої на поверхні, над осередком, підземні поштовхи досягають найбільшої сили, називається епіцентром.

В одних випадках пласти землі, що лежать обабіч розлому, насуваються один на одного. В інших — земля по один бік розлому опускається, утворюючи скиди. В місцях, де вони пересікають русла річок, утворюються водоспади. Склепіння підземних печер тріскається і обвалюється. Буває, що після землетрусу великі ділянки землі опускаються і заливаються водою. Підземні поштовхи зміщують із схилів верхні, пухкі шари грунту, утворюючи обвали і зсуви. Під час землетрусу в Каліфорнії в 1906 р. утворилась глибока тріщина на поверхні. Вона простяглась на 450 *км*.



Наслідки землетрусу в 1911 р у районі Вєрного (Алма-Ата). Утворились глибокі тріщини.



Після землетрусу в Японії в 1891 р. на рівному полі, через яке йшла дорога, утворився уступ 6 м заввишки (див. схему на стор. 41).

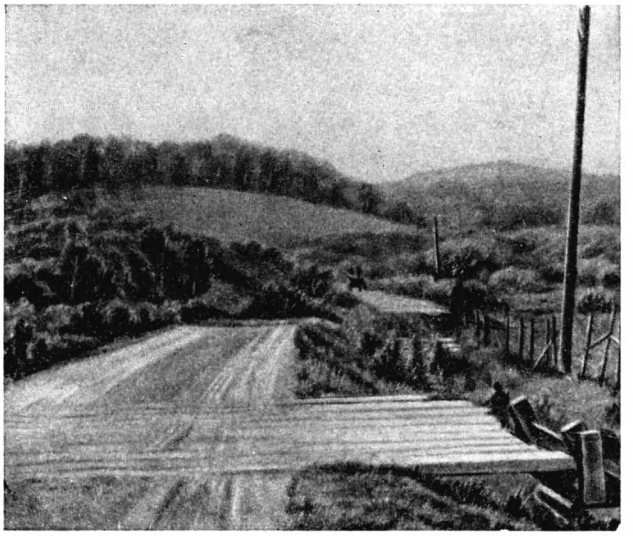
Ясно, що різке переміщення великих мас землі в осередку повинно супроводитись ударом колосальної сили.

За рік люди можуть відчувати близько 10 000 землетрусів. З них приблизно 100 буває руйнівних. Сучасні точні прилади фіксують понад 100 000 землетрусів щороку.

Удар спричинює двигтіння шарів гірських порід навколо осередка землетрусу. Це двигтіння розходиться хвилями, так само як хвилі розходяться від кинутого у воду каменя. Але вода швидко заспокоюється, і навіть після найбільшої бурі на її поверхні не лишається ніяких слідів. А на земній поверхні двигтіння не завжди проходить безслідно. Від дуже сильного двигтіння поверхня Землі може згинатися, тріскатись, спучуватися.

Великі руйнування від землетрусів звичайно бувають у пухких і нестійких гірських породах.

Будівлі при великих підземних поштовхах руйнуються за кілька секунд. Катастрофічні землетруси рідко дають більше двох-трьох коротких, але сильних поштовхів. Тільки



Землетрус вмістив дорогу в Сан-Франціско.

слабкі, вже безпечні повторні поштовхи ще довго тривожать переляканих жителів. Звичайно, чим далі від епіцентра, тим слабше двигтіння грунту. На великих віддалях двигтіння взагалі не відчувається.

Нерідко осередок землетрусу буває під морським дном, і тоді на морі піднімаються величезні хвилі. Наприклад, під час Ліссабонського землетрусу в 1755 р. на берег Португалії ринула хвиля 12 *м* заввишки, а сильне хвилювання спостерігалось навіть біля берегів Південної Америки, по той бік Атлантичного океану. Здебільшого ж підземні поштовхи бувають дуже слабкі, і про них знають тільки сейсмологи[1] — вчені, що спеціально вивчають двигтіння землі. Катастрофи, подібні до Мессінської або Каліфорнійської, бувають досить рідко.

Силу землетрусів визначають балами.

Вчені склали спеціальну таблицю для визначення сили землетрусів у балах (див. стор. 42).

ДЕ Й ЧОМУ БУВАЮТЬ ЗЕМЛЕТРУСИ

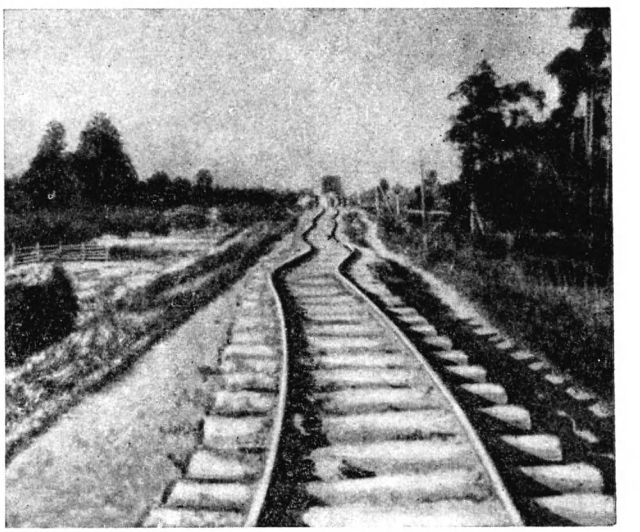
Багато хто з вас, мабуть, вже подумав: «А чи не може статися великий землетрус там, де я живу?»

Проф. Г. П. Горшков склав спеціальну карту, що показує, якої сили землетруси бувають і можуть бути в різних районах нашої країни. Більшій частині Радянського Союзу руйнівні землетруси не загрожують. Вони бувають переважно в гірських районах: у Карпатах, Криму, на Кавказі і в Закавказзі, в горах Паміру, Копет-Дагу, Тянь-Шаню, Західного і Східного Сибіру, в Прибайкаллі, на Сахаліні, а також на Камчатці і Курільських о-вах. Це зв'язано з тим, що в таких місцях земна кора відзначається рухомістю, нестійкістю. Це області «молодих» гірських утворень. Отже, землетруси зв'язані з процесами горотворення. Вони виникають при утворенні скидів, зсувів та інших розривів земної кори. Такі землетруси називаються **тектонічними**. До них належить більшість землетрусів.

Бувають ще й **вулканічні** землетруси. Лава і розжарені гази, що бурлять у надрах вулканів, можуть штовхати і тиснути на верхні шари землі, як пара киплячої води на кришку чайника.

Такі землетруси бувають, наприклад, на Камчатці і Курільських о-вах. Вони не відзначаються силою, але тривають довго, іноді тижні і навіть місяці.

Двигтіння землі може також спричинятися обвалами і великими зсувами. Так виникають **обвальні** землетруси.



Землетрус погнув валівничні рейки.

[1] *Сейсмос* — по-грецькому «двигтіння, коливання, землетрус», *логос* — «наука».

ЯК ВИВЧАЮТЬ ЗЕМЛЕТРУСИ

Приблизно через двадцять хвилин після великого землетрусу про нього можуть дізнатися сейсмологи всієї земної кулі. Для цього не потрібні ні радіо, ні телеграф. Землетрус сам сповіщає про себе.

Як це відбувається? Під час землетрусу переміщаються, коливаються частинки гірських порід. Вони штовхають сусідні частинки, які передають поштовх ще далі у вигляді пружної хвилі.

Отже, коливання ніби передається по ланцюжку і розходиться пружними хвилями в усіх напрямах; поступово, в міру віддаляння, хвиля слабшає.

Уявлення про такі пружні хвилі може дати вантажний автомобіль, коли він їде нерівною вулицею. Пружні хвилі зумовлюють двигтіння найближчих будинків. Відомо, наприклад, що пружні хвилі передаються по рейках далеко вперед від поїзда, що мчить на всіх парах, і рейки рівно, ледве чутно стугонять.

Пружні хвилі, що виникають під час землетрусу, називають сейсмічними. Найшвидші з них поширюються в поверхневих шарах Землі із швидкістю від 5 до 8 *км/сек.*

ЗАПИС ЗЕМЛЕТРУСІВ

Коли ви стоїте в автобусі, то, якщо він рушає з місця раптово, ви падаєте назад, а коли раптово загальмує — вперед. Чому це так? Коли автобус враз рушає з місця, ваше тіло намагається зберегти стан спокою. Ноги, що впираються в підлогу автобуса, «виїжджають» з-під вас, і ви падаєте назад. Властивість зберігати первісний стан спокою або рівномірного руху називається інерцією. Ця сама властивість інерції використовується і в спеціальному приладі — сейсмографі, що відмічає землетруси. Головна частина сейсмографа — маятник — являє собою тягарець, підвішений, як у маятнику стінного годинника, або на пружині, як у кантарі. Коли грунт коливається, тягарець маятника сейсмографа відстає від

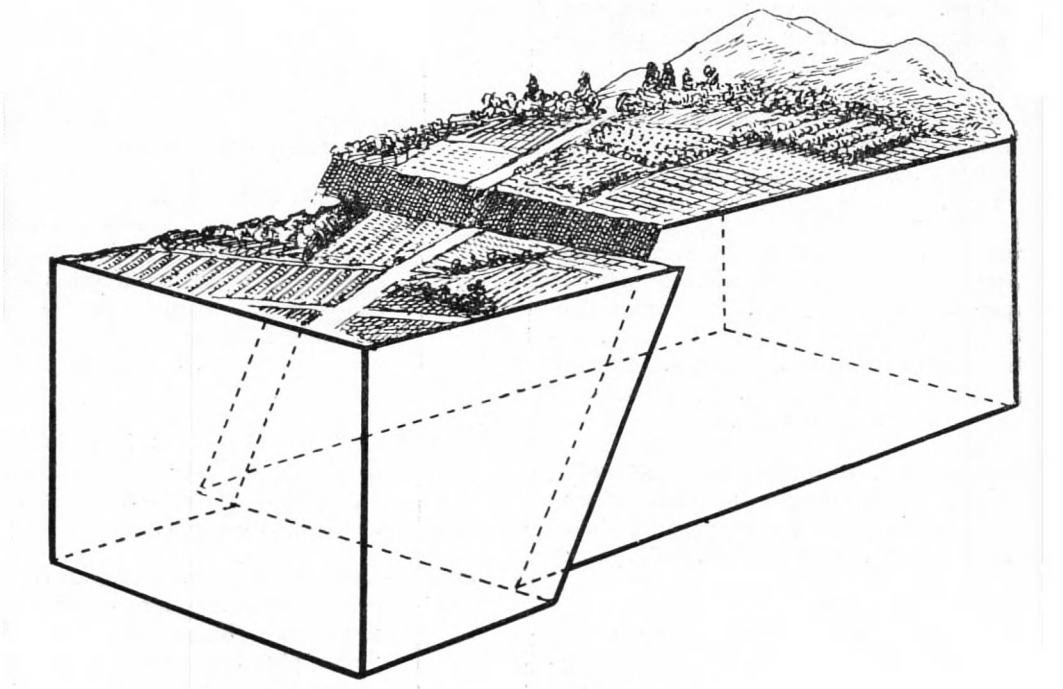


Схема показує, як вмістилась дорога і утворився уступ після землетрусу в Японії.

Сила в балах	Характеристика землетрусу
1	Не відчувається. Відмічають тільки спеціальні прилади.
2	Дуже слабкий. Відчувають тільки дуже чутливі свійські тварини та деякі люди на верхніх поверхах будинків.
3	Слабкий. Відчувається тільки всередині деяких будинків, як двигтіння від вантажного автомобіля.
4	Помірний. Чути, як риплять мостини, бряжчить посуд, двигтять меблі. Всередині будинку коливання відчуває більшість людей.
5	Досить великої сили. В кімнатах відчуваються поштовхи, як від падіння важких речей. Грюкають двері. Лопаються шибки, коливаються люстри і меблі, зупиняються стінні годинники. Гойдаються тонкі гілки дерев. Відчуває багато людей і поза будинками.
6	Великої сили. Коливаються важкі меблі, б'ється посуд, падають з полиць книги, іноді тріскається штукатурка. Руйнуються дуже ветхі будинки. Відчувають усі люди.
7	Дуже великої сили. Руйнуються погано збудовані і ветхі будинки. У міцних будинках утворюються невеликі тріщини, обсипається штукатурка. Змінюється рівень води в колодязях. В ріках і озерах мутніє вода. Іноді спостерігаються зсуви і осипи.
8	Руйнівний. Дерева дуже хитаються, частина їх ламається. Розвалюються міцні кам'яні огорожі, падають фабричні димарі. Руйнується багато міцних будинків. На грунті утворюються тріщини.
9	Спустошливий. Будинки руйнуються. Утворюються великі тріщини на грунті.
10	Нищівний. Руйнуються добре збудовані дерев'яні будинки і мости, міцні будинки і навіть фундаменти. Розриваються водопровідні і каналізаційні труби. Пошкоджуються насипи, греблі і дамби. Виникають зсуви і обвали, тріщини та вигини в грунті. З рік і озер вихлюпується вода.
11	Катастрофа. Майже всі кам'яні будівлі розвалюються. Руйнуються дороги, греблі, насипи, мости. Утворюються широкі тріщини із зсувами.
12	Велика катастрофа. Руйнуються всі споруди. Окремі предмети підкидаються при поштовхах. Змінюється вся місцевість і русла рік. Утворюються водоспади. На поверхні грунту видно земляні хвилі.

його руху. Якщо до тягарця маятника прикріпити голку і до неї притиснути закопчене скло так, щоб голка тільки доторкувалася до його поверхні, матимемо найпростіший сейсмограф, яким користувалися колись. Грунт, а разом з ним і скляна пластинка коливаються, тягарець маятника і голка лишаються нерухомими, і голка креслить на закопченій поверхні криву коливання землі.

Якщо замість голки до тягарця маятника прикріпити дзеркало і спрямувати на нього промінь світла, то відбитий промінь — «зайчик» — відтворюватиме коливання грунту в збільшеному вигляді. Такий «зайчик» спрямовують на стрічку фотопаперу, що рухається рівномірно; після проявлення на цій стрічці можна бачити записані коливання — криву коливань землі в часі.

Чудове досягнення науки — електричний сейсмограф для запису найменших коливань грунту. Його винайшов академік Б. Б. Голіцин. Цей прилад реєструє землетруси, що відбуваються на віддалі до 20 000 *км*. Так, наприклад, сейсмографи Голіцина, встановлені на сейсмічній станції «Москва», відмічають коливання від землетрусів, що відбуваються в Південній Америці або Антарктиці.

Якщо осередок землетрусу міститься в

передгір'ях Паміру на віддалі близько 3000 *км* від Москви, то через кілька хвилин після початку землетрусу пружні хвилі дійдуть до Москви.

Запис коливань грунту називається сейсмограмою. Акад. Б. Б. Голіцин винайшов спосіб, як за сейсмограмою навіть однієї станції визначити, де відбувався землетрус.

На сейсмічних станціях прилади працюють день і ніч, стежачи за сейсмічними хвилями — вісниками далеких і близьких підземних поштовхів. У Радянському Союзі є близько 90 добре обладнаних сейсмічних станцій.

Акад. Б. Б. Голіцин порівнював кожний землетрус з ліхтарем, який засвічується на короткий час і освітлює внутрішність Землі.

Сейсмічні хвилі проходять всередині земної кулі в тих місцях, які недоступні для спостереження. Все, що вони зустрічають на своєму шляху, так чи інакше їх змінює. Швидкість поширення пружних хвиль залежить від щільності і твердості порід всередині Землі.

Розшифрувати сейсмограму, прочитати розповіді сейсмічних хвиль про те, що вони зустріли в глибині Землі, — складне, але захопливе завдання.

ЧИ МОЖНА ОСЛАБИТИ ШКІДЛИВІ НАСЛІДКИ ЗЕМЛЕТРУСІВ

Катастрофічні землетруси надовго лишаються в пам'яті людей як страшне, непоправне лихо. Під час грандіозного японського землетрусу 1923 р. загинуло понад 90 тис. чоловік. Індійський землетрус 1897 р. зруйнував усі кам'яні будинки на площі, яка майже втроє перевищує площу Криму. На щастя, в нашій країні не буває таких спустошливих катастроф, але іноді в деяких місцевостях трапляються руйнівні землетруси.

У Криму останній великий землетрус був у 1927 р. В 1948 р. великої сили землетрус був

Поширення сейсмічних хвиль всередині земної кулі (показано пунктирними лініями). Чим ближче до осередку землетрусу, або гіпоцентра, тим швидше реагує на нього сейсмограф. Записи сейсмографів у різних точках земної поверхні показано вигвагоподібними лініями. Посередині — схема, що показує дію сейсмографа; унизу — вагальний вигляд сейсмографа.

коло столиці Туркменії м. Ашхабада. В 1949 р. великий землетрус стався на Північному Памірі. В 1950 і 1957 рр. землетруси були в районі озера Байкалу.

У капіталістичних країнах люди, що потерпіли від землетрусу, не дістають майже ніякої допомоги. В Радянському Союзі жителі тих місць, де стався землетрус, зразу ж відчувають піклування радянського народу і уряду. Після Ашхабадського землетрусу в Туркменію було послано сотні лікарів; харчі і ліки роздавали населенню безплатно.

Пом'якшувати наслідки нещастя необхідно, але цього ще мало. В місцевостях, яким загрожують землетруси, треба будувати особливо міцні будинки. Землетрус — суворий екзаменатор. Він перевірить, чи добре збудовані будинки і який вид будинків стійкіший. Вивчаючи наслідки землетрусів, інженери Японії, США і нашої країни придумали багато способів споруджувати особливо стійкі будинки, які можуть видержувати підземні поштовхи досить великої сили.

Не менш важливо навчитися завбачати землетруси. Це важко, бо вони зароджуються в недоступних глибинах Землі і сили, які їх спричинюють, нагромаджуються дуже повільно. Проте нема ніякого сумніву, що вчені в майбутньому навчаться завбачати час настання землетрусу.

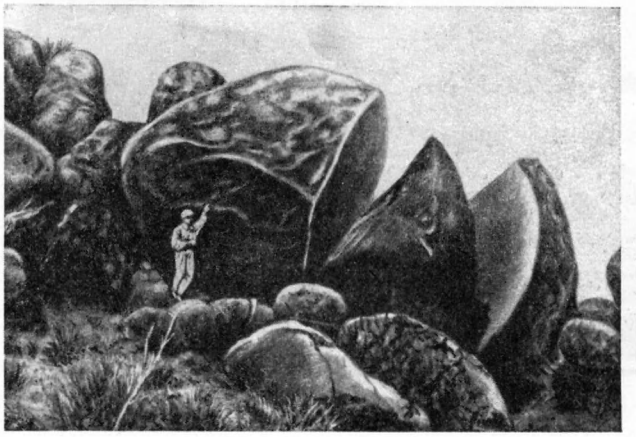
Які сили природи діють на поверхні Землі

ЯК СОНЦЕ, ПОВІТРЯ, ВОДА І ЖИВІ ОРГАНІЗМИ ЗМІНЮЮТЬ ЗЕМЛЮ

Гірські породи здебільшого дуже міцні і чудово піддаються поліруванню, тому їх широко використовують для будування і личкування різних споруд. І разом з тим у природі часто трапляються уламки цих самих гірських порід, такі крихкі і неміцні, що їх можна легко розколоти на дрібні кусочки молотком і навіть розломити руками.

Це пояснюється тим, що всі гірські породи, навіть найміцніші, утворившись у надрах Землі, зберігають свої властивості тільки доти, поки не вийдуть на поверхню. Тут під дією сонячного проміння, води, кисню і вуглекислоти, а також діяльності рослин і тварин вони дуже повільно, але неухильно руйнуються: одні швидше, інші — повільніше. І нема жодної гірської породи, яка лишається незмінною.

Таке руйнування гірських порід геологи називають *вивітрюванням*. Це старовинний і дуже невдалий термін, бо вітер якраз і не бере участі в процесах, що дістали назву вивітрювання. Він руйнує гірські породи



Ровірвана тріщинами гранітна брила розпалась на окремі шматки. Такі ровірвані камені можна бачити в пустині.

інакше: підхоплює дрібні уламочки і піщинки гірських порід, що утворилися в результаті вивітрювання, і з силою кидає їх на скелі, шліфуючи і виточуючи тверду поверхню скель (див. стор. 62)

Можна сказати, що вивітрювання готує матеріал для дальшого руйнування гірських порід вітром.

Як же вивітрюються гірські породи і чи можна вивітрювання спостерігати в природі?

Процеси вивітрювання відбуваються так повільно, що обриси гір і форми їх схилів звичайно здаються нам незмінними. Проте при пильному спостереженні можна помітити безліч невеликих змін, які весь час відбуваються від руйнування гірських порід: то від навислої скелі раптом відірветься камінь і з шумом скотиться вниз, то на поверхні порід утворяться тріщини, що рік у рік збільшуються.

Подивіться пильно на поверхню якої-небудь гірської породи, з якої складаються схили горба: нерідко навіть простим оком ви побачите тонку сітку тріщин, що її вкривають, хоч порода ця ще міцна і не піддається спробам розломити її руками. Зніміть з поверхні породи частину лишайника або моху, що на ній росте, і ви знайдете під ними неглибокий землистий пухкий шар. Це теж наслідок руйнування, процесу вивітрювання гірських порід.

Процеси вивітрювання дуже різноманітні.

У пустинях, де повітря чисте і майже не буває хмар, які захищають поверхню землі від палючого сонячного проміння, гірські породи вдень дуже нагріваються. Іноді вони розжарюються настільки, що обпікають руки. А вночі гірські породи охолоджуються. Чим чистіше повітря, чим менше в ньому водяної пари, тим швидше відбувається це охолодження, бо лише хмари затримують теплове випромінювання Землі.

Чим більша різниця між температурами дня і ночі, тим більше розширюються і стискуються мінерали, з яких складаються гірські породи. Від цих коливань температури зерна мінералів розширюються і стискуються по-різному, зв'язок між ними порушується, породи втрачають міцність і вкриваються тонкою сіткою тріщин. Тріщини поступово глибшають і ширшають, пронизують усю породу, і, нарешті, навіть найміцніша гірська порода розпадається на окремі уламки.

Цьому руйнуванню гірських порід сприяє вода, що потрапляє в тріщини. Замерзаючи вночі, вона розширює тріщини. Таке руйнування гірських порід називають м о р о з-

Ров'їдені і вимиті атмосферними водами вапнякові скелі на вершині гори Ай-Петрі.

ним вивітрюванням. У горах і взагалі на великих висотах вода постійно працює над руйнуванням гірських порід.

Руйнування гірських порід під впливом коливань температури має назву фізичного вивітрювання. З особливою силою воно проявляється на вершинах гір і в пустинях, де добові коливання температури особливо різкі. Різниця температур вночі і вдень досягає в пустині 60—80°. При фізичному вивітрюванні породи руйнуються механічно, без істотної зміни їх мінералогічного складу.

Крім фізичного вивітрювання, виділяють ще хімічне. Воно відбувається під впливом різних газів і водяної пари, які є в повітрі. Кисень, вуглекислий газ і вода — потужні хімічні руйнівники гірських порід.

Кисень окислює в гірських породах різні рудні мінерали. Так, наприклад, пірит, магнітний залізняк і червоний залізняк, що містять у своєму складі залізо, на поверхні Землі рано чи пізно перетворюються у водний окис заліза — бурий залізняк, хімічно нестійкий.

Вода розчиняє багато хімічно нестійких порід: кам'яну сіль, гіпс, вапняки. Якщо у воді є вуглекислий газ, її розчинна здатність підвищується. Там, де земна кора складена з порівняно легкорозчинних гірських порід (вапняку, доломіту, мергелю, кам'яної солі, гіпсу), на їх поверхні можна спостерігати сліди роз'їдання. На голих вапнякових скелях, з яких складена, наприклад, вершина гори Ай-Петрі в Криму, видно глибокі ями, западини і вигадливі гострі гребені.

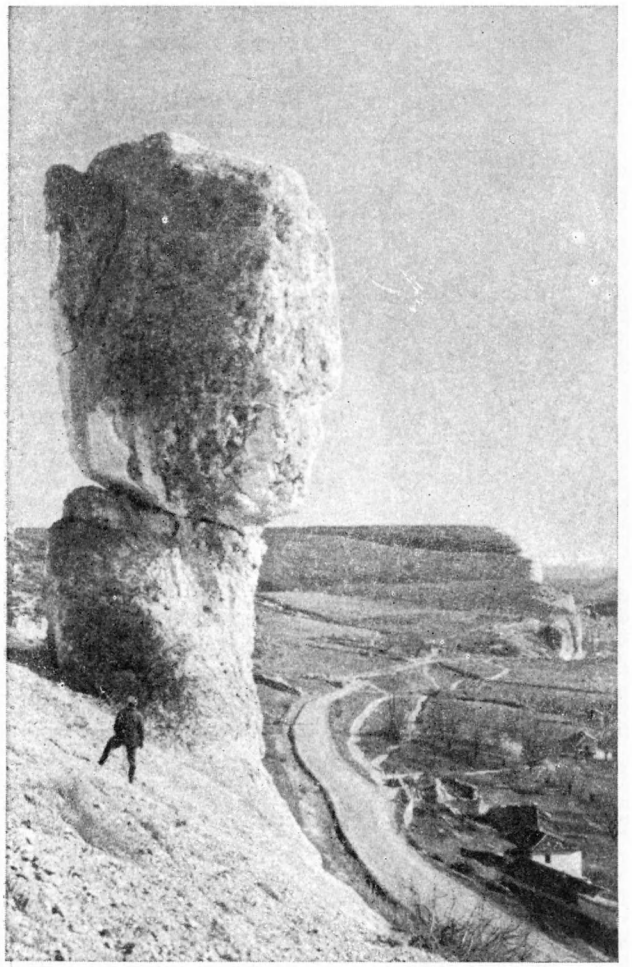
Ями, глибокі тріщини і гострі гребені, утворені атмосферними водами на поверхні вапняків.

Вода, що містить у собі вуглекислоту, хімічно руйнує також мінерали, в яких є кремнезем. Так, наприклад, польові шпати, що входять до складу граніту та інших гірських порід, на поверхні Землі хімічно руйнуються під впливом води, багатої на вуглекислоту. Вони перетворюються у глинястий мінерал — каолініт[1].

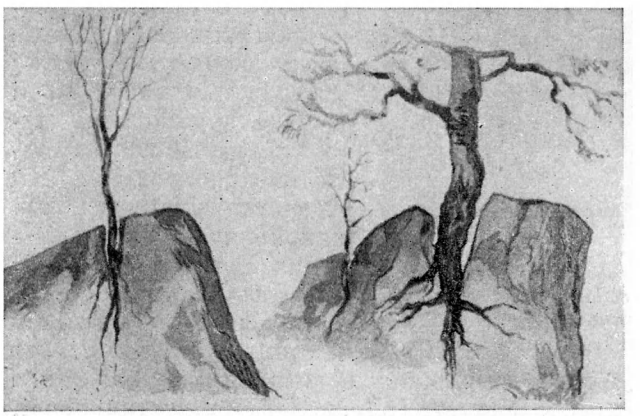
Більша частина глини на поверхні Землі утворилась в результаті хімічного вивітрювання гранітів та інших вивержених порід, що містять у собі польовий шпат. Так утворилось, наприклад, багато родовищ білої каолінової глини та вогнетривких глин на Україні, Уралі, в Сибіру та інших місцях.

Фізичне і хімічне вивітрювання гірських порід — повільний процес. На перший погляд воно непомітно змінює поверхню Землі. Кришаться, роз'їдаються гірські породи, потроху стають нижчими вершини гір, уламки скель скочуються вниз і утворюють осипи. Іноді рештки зруйнованих гірських хребтів виявляються ніби похованими під власними уламками, як, наприклад, хребти у пустинях Центральної Азії: Гурван-Сайхан («Троє прекрасних») — у східній частині Монгольського Алтаю, наполовину похований під уламками, і хребет Унегете («Лисиця») — у пустині Гобі,

[1] Великі скупчення каолініту дають гірську породу каолін, яку називають також фарфоровою глиною.



Скеля «Кам'яна баба» в Криму — наслідок багатовікового вивітрювання гірської породи.



Коріння кущів і дерев, проникаючи в гірські породи по тріщинах, розсовує і розширює їх. Від цього гірські породи дедалі більше руйнуються.

на місці якого з-під товстого покриву уламкового матеріалу видно тільки невеликі скелясті виступи.

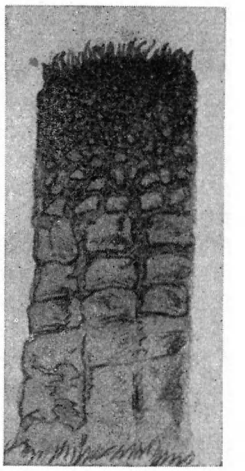
У різних вивітрюваних гірських порід і міцність різна, тому вони руйнуються неоднаково швидко. Міцніші звичайно довго височать у вигляді окремих скель, часто дуже красивих і вигадливих обрисів. Деякі скелі нагадують руїни стародавніх будівель, башти і стовпи. Але з часом і ці високі місця будуть зруйновані. Багато століть тривають процеси вивітрювання, поки на місці гірських пасом не виникнуть злегка погорбовані рівнини.

Руйнуються гірські породи і живими організмами — рослинами і тваринами. Ще порода міцна, ще ледве зачеплена тонкою сіткою тріщинок, а на ній вже оселюються лишайники. Вигадливі жовті, зелені, оранжові, білі плями лишайників вкривають голі скелі, утворюючи на них мальовничі мережані візерунки.

Лишайники дуже невибагливі. Вітер заносить спори на гірську породу, вони щільно приростають до її поверхні, витягуючи з неї речовини, потрібні їм для життя.

Пил і піщинки, що заносяться вітром на поверхню скелі і застряють у тріщинах та між лишайниками, сприяють утворенню на скелі пухкого шару.

Коли лишайники відмирають, їх розкладені рештки утворюють шар перегною, на якому можуть селитися інші, вже більш високоорганізовані рослини — мохи, потім трави, кущі і, нарешті, дерева. Коріння дерев дедалі глибше проникає в тріщини гірської породи, дедалі більше розсовує і розширює їх. Дуже часто високо в горах у заглибинах і тріщинах прямовисних, недоступних скель можна побачити зеленіючу траву, квіти, чагарники і окремі дерева на невеликих площадках.



Перехід твердої гірської породи в грунт. Видно, як у нижній частині розрізу тверді гірські породи пронизуються тріщинами і потім розпадаються на брили. Вище появляються дрібні розпушені частинки породи і потім шар грунту.

Непомітну для ока, але величезну роль у руйнуванні гірських порід відіграють мікроскопічні рослинні організми — бактерії. Вони виділяють різні

хімічні сполуки, які теж сприяють руйнуванню гірських порід.

У розпушуванні поверхневих частин земної кори бере участь і багато тварин. Дощові черви, пропускаючи через свій кишечник землю, збагачують її на органічні речовини. Землерийки, кроти, ховрахи та інші риючі тварини теж сприяють руйнуванню і розпушуванню вивітрюваних поверхневих шарів земної кори.

Усі процеси руйнування гірських порід, що спричиняються рослинами і тваринами, називаються органічним вивітрюванням, яке дуже поширене на Землі і тісно зв'язане з фізичним і хімічним вивітрюванням.

У результаті всіх видів вивітрювання утворюється верхній розпушений і збагачений на органічну речовину шар земної кори.

Грунти складаються з дрібних частинок різних мінералів, які виникли внаслідок фізичного і хімічного вивітрювання гірських порід, і з перегною. У грунті завжди багато бактерій. Перегній — органічна речовина, яка виникла завдяки життєдіяльності рослин і тварин,— забарвлює грунт у темний колір.

Гірські породи, на яких утворюється грунт, називаються материнськими гірськими породами. Величезне народногосподарське значення грунтів, від якості яких залежать урожаї різних корисних для людини рослин, примушує уважно вивчати умови грунтоутворення.

Незважаючи на повільність процесів вивітрювання земної кори, вони приводять до величезних змін. Вивітрювання — перша і головна стадія руйнування гірських порід. Вивітрювання полегшує діяльність текучої води, морського прибою і вітру, які беруть участь у створюванні великої різноманітності форм рельєфу земної поверхні.

РОБОТА РІК

Як утворюються текучі води — ріки, струмки, потоки дощових і талих вод? Яку роботу виконують вони на поверхні Землі?

Дощові і снігові води змивають грунт і несуть його вниз по схилу, захоплюючи з кожним роком нові ділянки корисної землі. Поступово поглиблюючись і розширюючись, рівчаки перетворюються в ярки. Там, де зливаються кілька ярків, утворюється великий яр. Яри часто виходять у річкову долину.

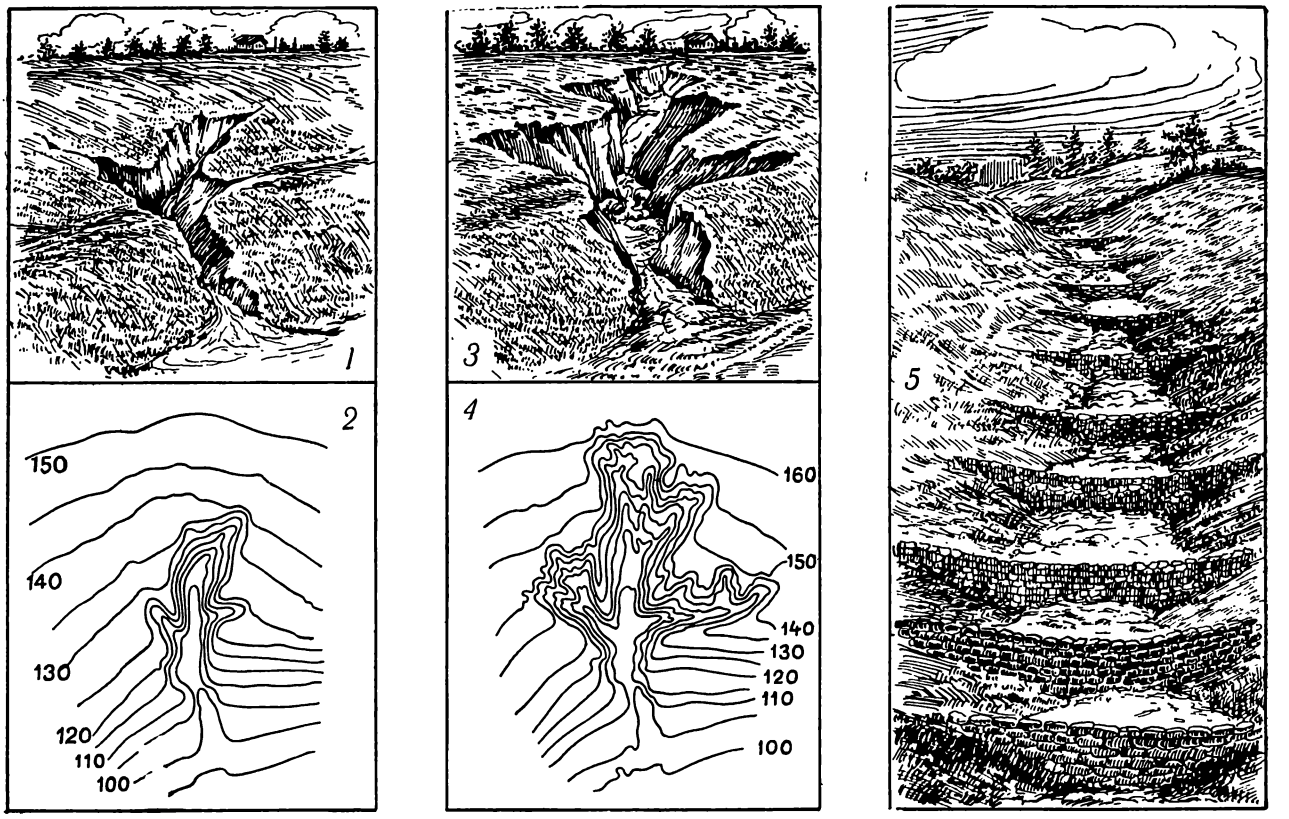
Схили ярів і річкових долин вкриті, наче чохлом, суглинковими породами. Ці відклади на схилах акад. О. П. Павлов назвав делювієм (від латинського слова «делюо» — змиваю). Біля гирла дно яру стає зовсім положистим, там у вигляді конуса відкладаються частинки, принесені струмком,— яружний алювій (від латинського слова «алюо» — намиваю).

Яри висушують грунт і підгрунтові шари — підгрунтя. Весною дощова вода і особливо води талого снігу швидко скочуються по схилах ярів і не встигають просочити грунт. Щоб яр не розростався, треба його схили укріплювати рослинністю. Перемички, поставлені впоперек яру, допомагають затримувати каламуть — дрібні мінеральні частинки, що їх приносять текучі води. Поступово біля перемичок утворюється осад, який заповнює яр і перешкоджає його дальшому поглибленню.

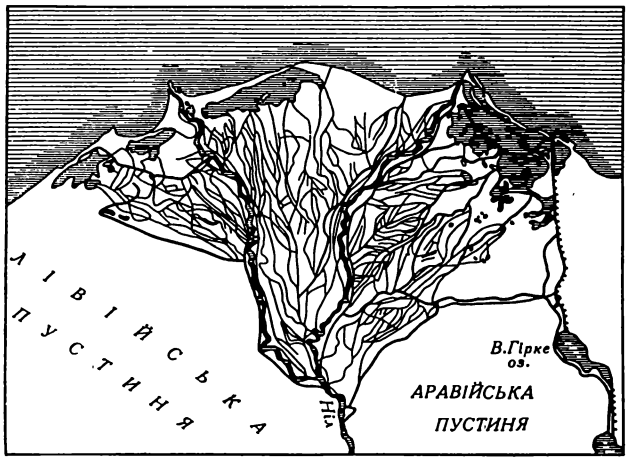
Дуже часто у верхів'ї яру, що розростається, коли він заглиблюється до горизонту підземних вод, може появитись джерело — постійний, непересихаючий струмок. Такий яр з часом перетворюється в річку.

Річки виконують велику геологічну роботу. Вони руйнують і розмивають гірські породи, переносять мінеральний матеріал, сприяють його осіданню і скупченню.

Завдяки дії сили тяжіння ріки течуть від вищих ділянок земної поверхні до нижчих. Чим швидше тече ріка, тим більша її руйнівна сила. Верхів'я, або початок, ріки — найвища дільниця річкової долини. Ріка може брати початок в кінці гірського льодовика, живлячись його талими водами. Так, наприклад, велика гірська ріка Середньої Азії Зеравшан витікає з льодового грота в кінці льодовика. Часто початок ріки являє собою вихід підземних вод. Так, початок



Утворення яру:
1 — зародження яру; *2* — зображення новоутвореного яру на карті горизонталями; *3* — яр, що розростається; *4* — зображення зростаючого яру горизонталями; *5* — закріплений яр.



Дельта ріки Нілу.

р. Уралу утворюють маленькі джерельця, що стікають із схилів гори Урал-Тау. Може ріка витікати також з озера, як, наприклад, Ангара, яка бере початок з оз. Байкал.

Ріки рівнин — Волга і багато інших — часто починаються в болотах.

Місце впадіння ріки в море, озеро чи в іншу більшу ріку називається г и р л о м. Часто в ньому збирається так багато річкових осадів, що русло ріки, розпадаючись на численні протоки, утворює д е л ь т у[1].

У більшості рік, що впадають у відкритий океан, не буває дельт, бо всі осади вимиваються припливно-відпливними течіями. В цих умовах можуть виникати лійкоподібні розширення, звернені широкою частиною до океану і звуженою — до річкової долини. Їх називають е с т у а р і я м и. Такі гирла мають р. Єнісей, ріки атлантичного узбережжя Франції — Сена, Луара та ін.

Рівень водойми, в яку впадає ріка,— це

[1] *Дельта* — літера грецького алфавіту. Вона має вигляд трикутника. Назву «дельта» було дано гирлу р. Нілу за його характерну трикутну форму, а потім ця назва стала загальною для таких же гирл річок.

та межа, за якою припиняється течія і руйнівна робота ріки.

Бистрі ріки виконують велику руйнівну роботу, особливо у верхній течії.

Врізуючись у гори й рівнини, ріки розроблюють свої долини. Р у с л о ріки — це тільки та частина річкової долини, що зайнята водою при найнижчому її — як кажуть, м е ж е н н о м у — рівні.

Нерідко то на одному, то на другому схилі річкових долин можна на різних рівнях спостерігати своєрідні уступи. Ці уступи, або р і ч к о в і т е р а с и, наче східці велетенських сходів, тягнуться вздовж схилів річкової долини. Найнижчий східець — це заплавні луки, що облямовують русло ріки.

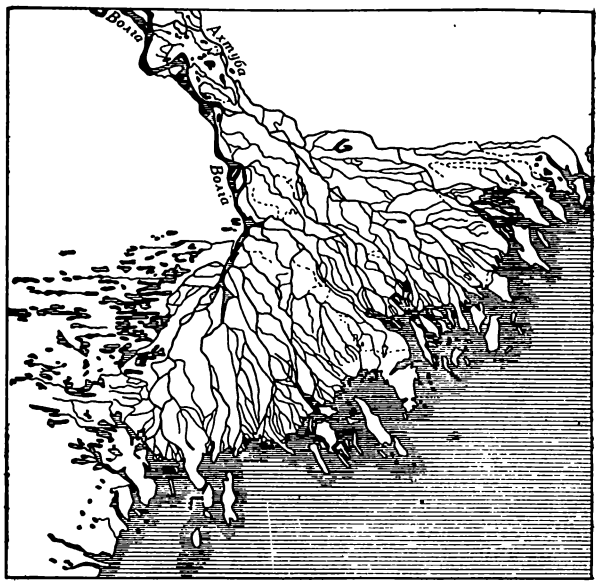
Щороку весною під час повені ріка затоплює найнижчий уступ, який називається з а п л а в о ю. Поступово поглиблюючи свою долину, ріка пропилює заплаву. При цьому рівень русла опускається нижче, ніж був раніше. Стару заплаву вже не заливають води повені, і вона перетворюється в першу надзаплавну терасу. Отже, кожна тераса — це частина дна давньої долини, яка збереглась у вигляді східця або уступу на схилі. Всяку річкову долину обмежовують схили вододілів і вододільні простори.

У гірських країнах долини річок — це вузькі і глибокі ущелини. Деякі з них при ширині в кілька десятків метрів мають глибину до тисячі і більше метрів.

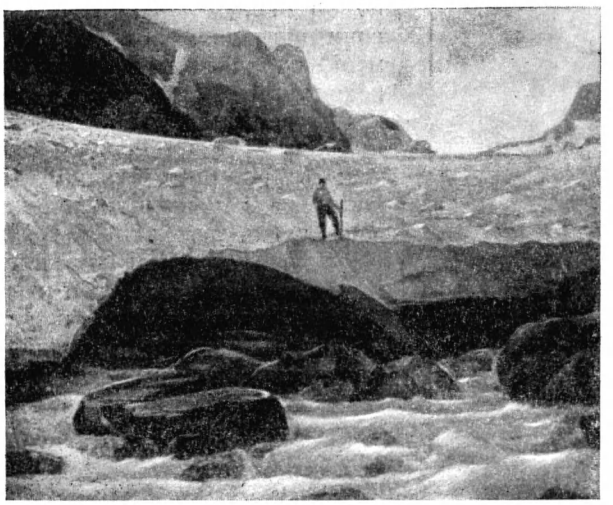
Стоячи на схилі гірської ущелини, можна бачити, як серед величних скель, десь далеко внизу звивається сріблястою блискотливою стрічкою маленький гірський потік. Це він розмив «незламні» скелі і розробив у них річкову долину. Наче гостре лезо, потік прорізує гори і поглиблює своє ложе.

Руйнівна робота текучих вод називається е р о з і є ю (від латинського слова «еродо» — роз'їдаю, розмиваю).

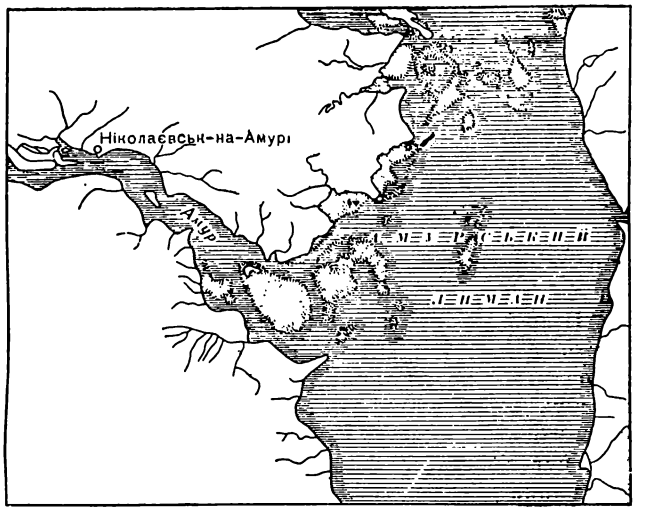
Чим же спричинюється поглиблення річкової долини? Головним чином — похилом русла. Гірські ріки завжди мають значні



Дельта ріки Волги.



Вихід підльодовикового потоку (витік ріки).



Естуарій ріки Амуру.

похили, а тому і більшу швидкість течії. Гірські ріки відзначаються величезною руйнівною силою.

Ерозія властива і рікам рівнин, але в них вона не така велика, як у гірських потоків.

Рівнинні ріки мають незначні похили і повільну течію. Долини їх дуже широкі. Так, наприклад, долина Волги біля впадіння в неї Ками досягає 20 *км* ширини. Часто серед широкої (на кілька кілометрів) долини примхливо звивається русло маленької річки. Здається неймовірним, що вона могла розробити таку широку долину. Постараємось зрозуміти, як це могло статись.

Добре відомо, що численні ріки рівнин утворюють круті з а к р у т и, або м е а н д р и. Звичайно закрути розвиваються при невеликих похилах ложа ріки. Вода, яка тече повільно, відкладає осади і намагається обійти всяку перепону на своєму шляху, наприклад, зсув, що перегородив річковий потік, вихід щільніших порід тощо. Так утворюються спочатку невеликі вигини, які поступово перетворюються в справжні меандри.

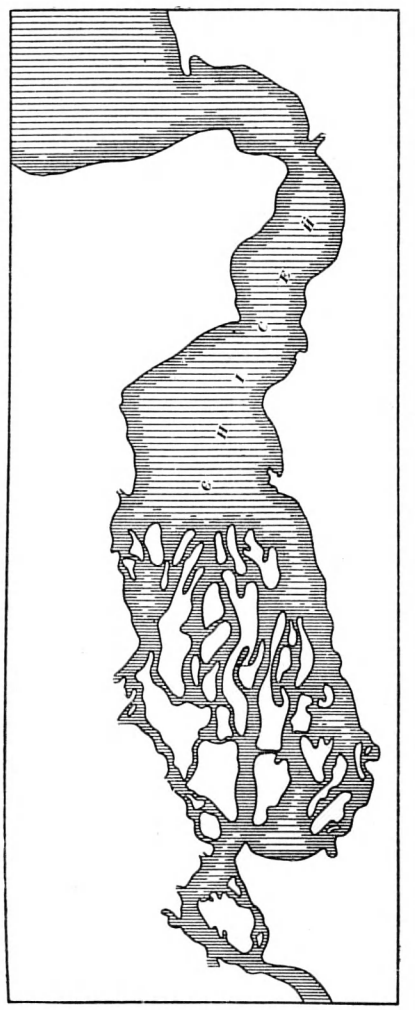
При утворенні закрутів на рівнині ріка підмиває то один, то другий свій берег. В опуклих частинах закрутів течія ріки швидка, там берег підмивається. На угнутих дільницях берега течія повільніша. Тут звичайно намиваються осади. Явище підмивання берегів називається б і ч н и м р о з м и в о м, або б і ч н о ю е р о з і є ю, ріки. Бічна ерозія сприяє утворенню річкових закрутів і розширенню річкової долини (див. рис. на стор. 54). Закрути повільно переміщуються вниз за течією.

Проте не всі закрути можуть довго існувати і переміщатися по долині ріки. Навіть дуже круті й великі закрути відмирають. Це буває під час повені, коли зростає розмивна діяльність ріки. Весняні води проривають тонку «шийку», що виникла в основі закруту, і починають прокладати нове, випростане русло. Коротким шляхом вода тече дуже швидко і несе багато осадів. Вони збираються біля шийки, тобто в тих місцях, де закрут перетворюється в замкнуте озерце серповидної форми — с т а р и ц ю. Заростаючи, таке озерце стає болотом, потім заболоченою ділянкою заплавної луки і, нарешті, з часом зовсім висихає.

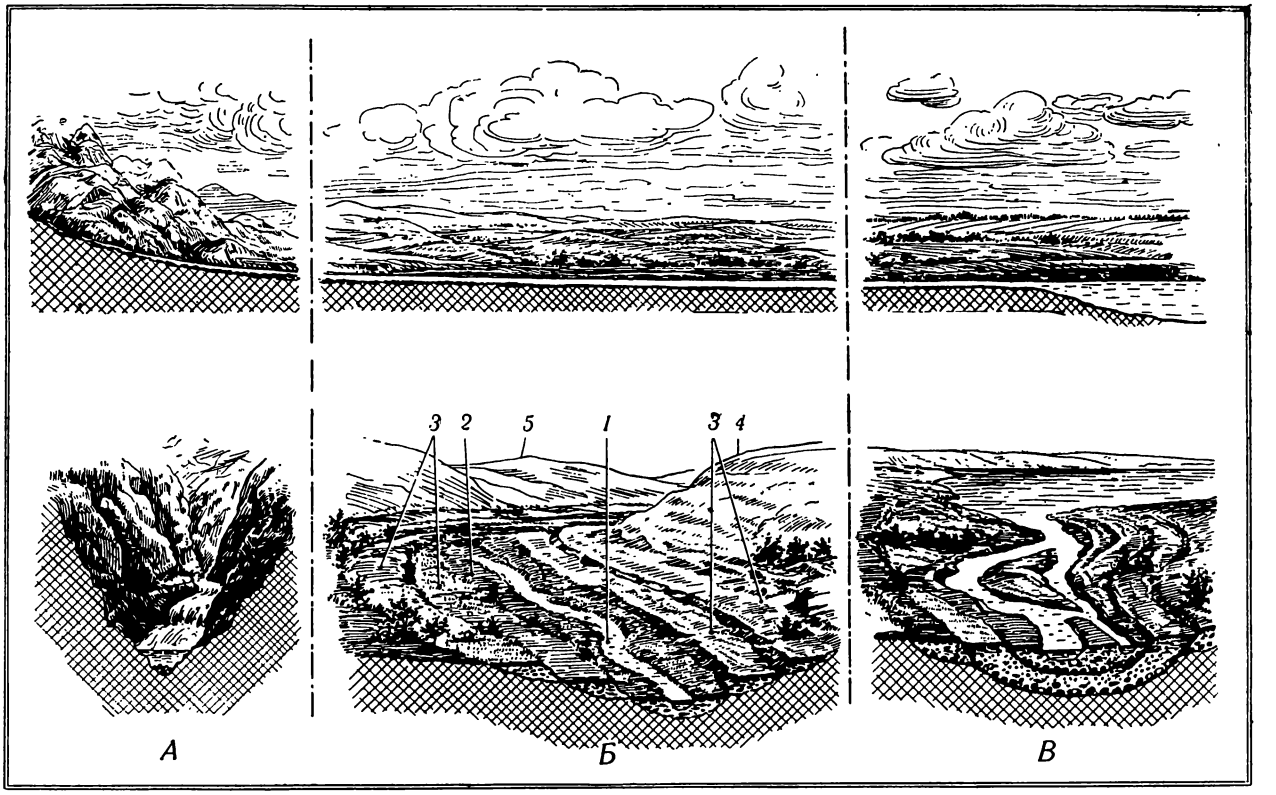
Розмивання дна рікою — г л и б и н н а е р о з і я — і бічна ерозія, в результаті якої підмивається один берег і намиваються річкові осади біля другого, сприяють утворенню нерівностей дна ріки. Ці нерівності являють собою чергування глибших місць — п л е с — і мілкіших — п е р е к а т і в.

Деякі нерівності дна і берегів спричинюють вихрові рухи води — в и р и. Причини появи їх різні. Велике значення при утворенні виру має крутість долини ріки і зумовлена нею швидкість течії. Часто вири утворюються при різкій зміні швидкостей течії, наприклад, коли зустрічаються течії різних напрямів, там, де впадає притока в головну ріку. Вир може утворитися і при зіткненні струменів, у яких різна швидкість течії. Відомо, що біля берегів і на середині потоку, коло поверхні води і на дні швидкість течії різна. Струмені, що течуть повільно, відіграють роль перепон, вони відхиляють бистрі струмені, спричинюючи вири. Перепонами на шляху водного потоку можуть бути і острови, причому велику роль відіграють їх розташування й форма, а також підводні камені, вигин русла і берегів.

Іноді на річці утворюються підводні ями, або к о в б а н і, дуже небезпечні для плавців. Це явище звичайно залежить від зміни крутості дна, коли, наприклад, звичайна глибина ріки раптово змінюється. Нерівності в руслі ріки часто залежать від різної твердості порід, з яких складається дно і береги. Тут



Естуарій ріки Єнісею.



Будова долини ріки.

Угорі: повдовжній розріз долини. Унизу: поперечний розріз тієї самої долини:

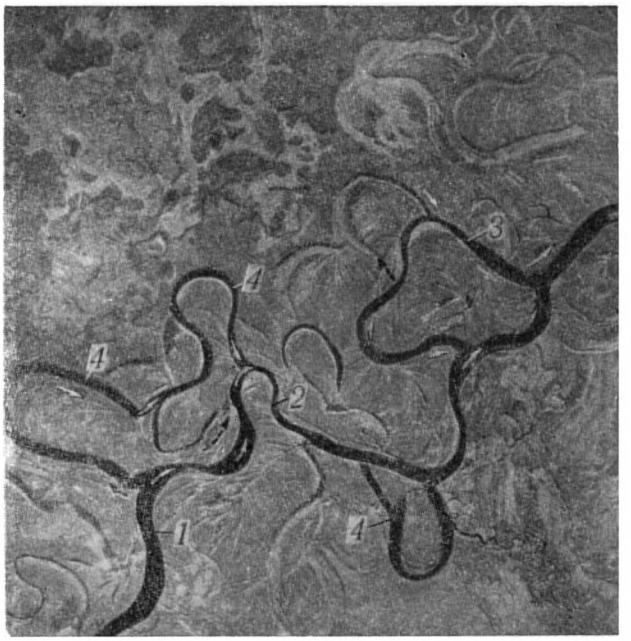
А — ущелина у верхній течії; *Б* — долина з терасами в середині течії: *1* — русло, *2* — заплава, *3* — тераси, *4* — схил вододілу, *5* — вододіл; *В* — долина в нижній течії і гирло ріки.

можуть бути і такі тверді породи, як граніт, і такі м'які, як глина, супіски, піски. Якщо в русло ріки виходить смуга твердих скелястих порід, то можуть у цьому місці утворитись пороги. Вони дуже шкодять судноплавству. Після збудування греблі Дніпровської гідроелектростанції на місці порогів велично синіє спокійний широкий водний простір водосховища. Звичайно пороги бувають в руслах гірських річок.

Якщо ріка спадає з крутого або прямовисного уступу, то вона утворює **водоспад**. Дуже часто водоспади зустрічаються в гірських країнах, але бувають вони і на рівних місцевостях, коли ріка тече по твердих породах, а потім по таких, що легко розмиваються. В томі 1 «ДЕ» на стор. 528 дано найбільші водоспади Землі: Б'єльвефосс у Норвегії (висота падіння 866 *м*), Йосеміте в Каліфорнії (792,5 *м*), Сатерленд на р. Артур в Новій Зеландії (580 *м*), Рораїма на р. Потаро в Південній Америці (457 *м*) та ін.

У великих річкових долинах часто видно несиметричну будову берегів. Так, наприклад, у більшості рік, що течуть на південь або на північ (в меридіональному напрямі), правий берег розмивається, а вздовж лівого відкладаються річкові наноси. Тому правий берег буває крутим, а лівий — дуже положистим, на ньому розвиваються мілини і коси. Таку будову мають береги Волги, Дону, Дніпра та багатьох інших рік. Закон, виведений двома вченими — Бером і Бабіне,— пояснює причину несиметричної будови берегів великих рік. Акад. Бер указав, що ріки відхиляються в Північній півкулі вправо, а в Південній — вліво в зв'язку з обертанням Землі навколо осі. Бабіне довів, що обертання Землі впливає так на ріки будь-якого напряму.

Величина відхилення і відповідне підмивання берега, до якого ніби притискується ріка, залежать від зміни дугової швидкості обертання Землі на різних широтах. На еква-



Аерофотознімок ріки із вакрутами і старицями:
1 — головне русло; *2* — вакрут; *3* — вакрут, що почав відчленовуватись; *4* — вакрути, що частково втратили зв'язок з руслом.

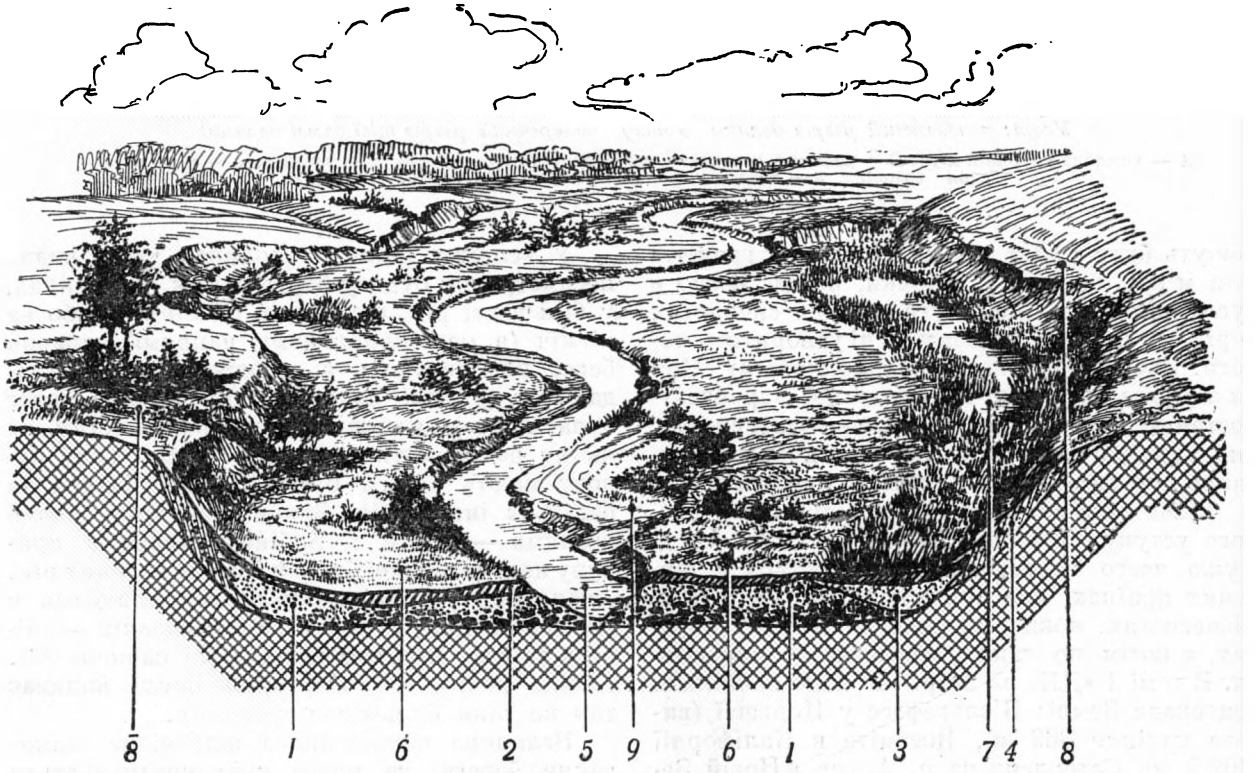
торі відхилення дорівнює нулю, а на полюсах воно найбільше.

Бічна і глибинна ерозія — найважливіший вид геологічної діяльності текучих вод.

Другий вид геологічної діяльності рік — перенесення частинок зруйнованих порід. Робота ця величезна. Чим більша швидкість течії ріки, тим більше вона переносить осадів. Кількість осадів різко зростає в період весняної повені і зменшується під час літнього мілководдя. Саме через це вода під час повені брудніша, ніж при низькому, меженному, рівні.

Акад. В. О. Обручов наводив такий цікавий приклад: велика китайська ріка Хуанхе виносить за один день під час повені 29 млн. $м^3$ осаду, а під час мілководдя набагато менше — тільки 72 тис. $м^3$. За рік Хуанхе виносить в море 900 млн. $м^3$ мулу. З такої кількості мулу можна було б щороку насипати досить високу гору. Навіть відносно чиста ріка Ріоні виносить за рік у Чорне море стільки мулу, що ним можна вкрити площу в 1 $км^2$ шаром заввишки 8 *м*.

Яку ж масу осадів приносять усі ріки Землі в озера, моря і океани!



Будова долини рівнинної ріки:
1 — русловий алювій; *2* — заплавний алювій; *3* — алювій у колишній старициі; *4* — відклади схилів; *5* — русло ріки; *6* — заплава; 7 — стариця; 8 — тераси; *9* — пляж.

Великі і важчі частинки алювію швидко осідають на дно ріки у верхній і середній течії і тільки дрібний матеріал досягає нижньої течії — гирла рік і водойм, в які вони впадають.

Так відбувається природне сортування алювію за його розмірами. Галька, пісок, супісок, глина розміщаються одно за одним, уздовж русла ріки.

Особливо багато відкладів алювію збирається в гирлах рік. Вони займають великі простори, іноді сотні квадратних кілометрів на рівнинах.

Відкладання і нагромадження річкових осадів — це третій найважливіший вид діяльності текучих вод.

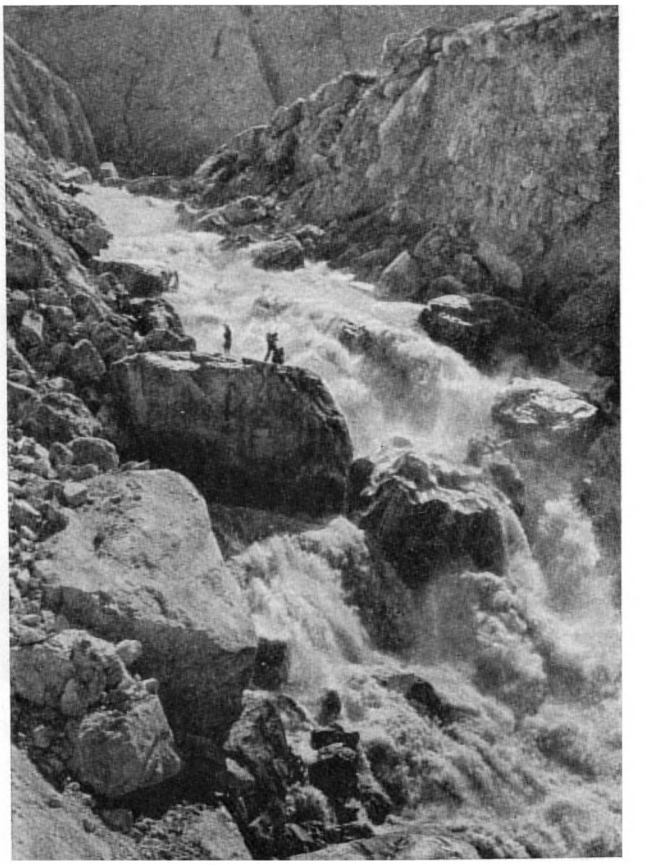
Основні види роботи рік — розмивання, перенесення і нагромадження осадів — у гірських і рівнинних рік різні.

У гірських, бистрих рік, що несуть багато уламків, майже на всьому їх протязі переважають руйнівна, розмивна робота і винесення уламкового матеріалу. У рік рівнинних, з повільною течією, переважає відкладання осадів. Але і в кожній окремій річці роль розмивання, перенесення і відкладання осадів неоднакова в різних її частинах. Особливо яскраво виявлена ця різниця у рік, які беруть початок в горах, а потім течуть рівниною (див. рис. на стор. 53).

У верхів'ях, де похил дна долини і швидкість течії найбільші, ріка енергійно розмиває і поглиблює своє русло. В середині течії похил трохи зменшується, і на перше місце виступає перенесення водою уламків і частинок зруйнованих порід. Тут, крім поглиблення, ріка дуже розмиває береги (бічна ерозія) і розширює свою долину. В нижній течії долина має найменший похил, і ріка переважно відкладає свої осади.

Такий розподіл роботи ріки відбивається на зовнішньому вигляді річкової долини. У верхів'ях гірська долина — це дика ущелина з водоспадами і пінястим потоком. В середині течії, в передгір'ях, долина ріки трохи розширюється. В нижній частині, там, де ріка виходить на рівнину, що прилягає до гір, долина її значно розширюється, схили дуже знижуються.

Чи є якісь межі розмивній діяльності рік, чи вони можуть без кінця-краю поглиблювати і розмивати свої долини? Такі межі є. Це рівень того водоймища, куди впадає ріка. Він називається **базисом ерозії**, або **базисом розмивання** ріки. Нижче від



Пороги ріки Ягноб (Тянь-Шань).

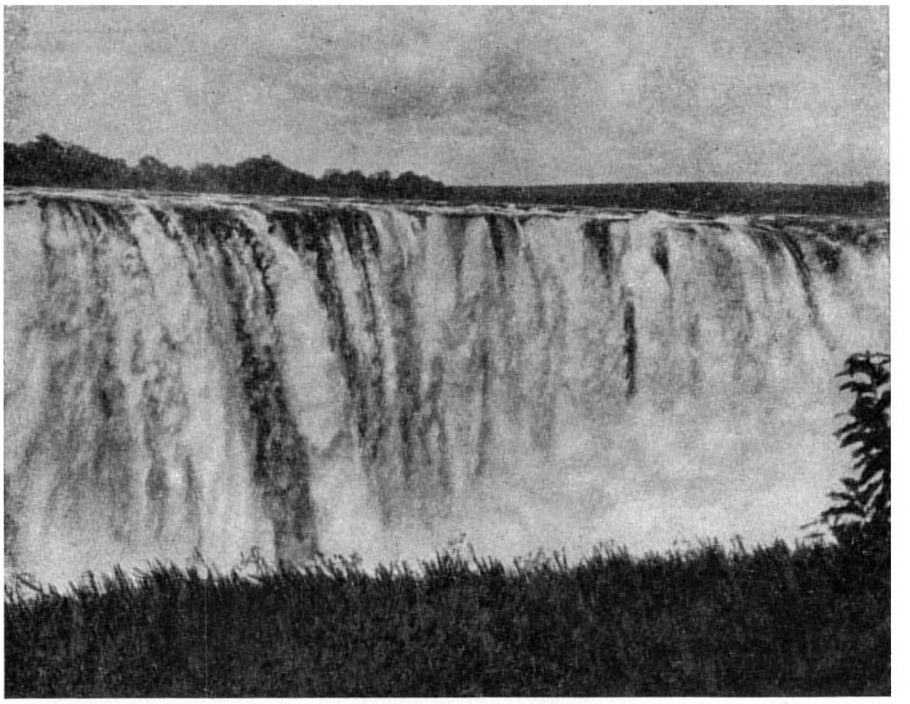
цього рівня ріка не може поглиблювати свою долину.

Для Дунаю і Дніпра межею, тобто базисом ерозії, є рівень Чорного моря, для Волги і Уралу — Каспійського моря, для Обі, Єнісею і Лени — рівень Льодовитого океану, для Аму-Дар'ї — Аральського моря і т. д.

Але рівень води у водоймищі не завжди лишається незмінним. Зміна клімату може спричинити значні коливання висоти рівня води в морях і навіть океанах.

Обриси берега у водоймах можуть змінюватися, коли великі ділянки земної поверхні піднімаються або опускаються, внаслідок чого море відступає або наступає на сушу.

Кожна зміна рівня води в тій водоймі, куди впадає ріка, інакше кажучи, зміна висоти базису ерозії, відбивається на характері роботи самої ріки. Якщо рівень води у водоймі знижується, збільшується похил і розмивна робота ріки пожвавлюється. Ріка знову поглиблює свою долину до нового положення базису



Водоспад Вікторія на ріці Замбезі (Африка).

ерозії, а на її схилах виникають нові уступи — тераси. Коли базис ерозії швидко і дуже знизиться, течія ріки стає бистрою і порожистою, особливо в низах. Якщо базис ерозії підвищиться, ріка буває ніби підгаченою. Течія її стає повільною, вона потече примхливими закрутами, відкладаючи по дорозі осади, під якими можуть бути поховані уступи раніш утворених терас. Річкова сітка розподілена нерівномірно по поверхні нашої планети.

Проте в життя природи владно втручається людина і розумно регулює діяльність текучих вод. Люди створюють штучні ріки і озера. Велике значення мають ріки у зрошуванні посушливих земель і в осушуванні заболочених територій через спускання вод.

У нашій країні на найбільших ріках будують греблі, створено величезні озера-водосховища: Рибінське, Куйбишевське і Волгоградське на Волзі, Каховське і Кременчуцьке на Дніпрі, Цимлянське на Дону і багато інших. Збудовано великі зрошувальні канали: Ферганський, Гіссарський, Туркменський та ін. З часом, можливо, буде здійснена і така фантастична своїми масштабами робота, як часткове повернення на південь могутніх рік Сибіру. Адже Об колись текла на південь, у напрямі Арало-Каспійської низовини.

Якщо збудувати греблю на Обі нижче впадіння в неї Іртиша, то утвориться величезне водосховище, від якого можна провести канал на південний захід.

Коли здійсниться часткový скид води Обі на південь, по Тургайській протоці, наша Батьківщина відвоює у природи нові величезні площі для сільського господарства.

Ріки є майже невичерпними джерелами енергії. На великих ріках нашої країни — Дніпрі, Дону, Волзі, Обі, Ангарі, Єнісеї та ін.— вже збудовано і будують нові гідроелектростанції. Вони заллють світлом нові міста, селища, колгоспні села, дадуть електроенергію зростаючій промисловості і сільському господарству нашої Батьківщини.

ПІДЗЕМНІ ВОДИ

ДЕ МОЖНА БАЧИТИ ПІДЗЕМНІ ВОДИ ТА ЇХ ШЛЯХИ

Найрізноманітніші формою і розмірами печери, ніші, гроти і кам'яні лабіринти часто трапляються в місцевостях, складених гірською породою — вапняками. Незабутнє враження справляють печери Уралу і Криму.

При світлі свічки або факела перед мандрівниками з темряви печери виступають блискітливі колонади, вигадливі навіси, ніші, обра-

мовані тонким мереживним візерунком вапняних напливів.

У центрі печери нерідко можна побачити глибоке озеро.

Вода просочується по тріщинах, збігає по стінах, по напливах вапна — сталактитах[1], що звисають згори, подібно до бурульок, лунко падає на дно печери. У тому місці, де падають краплі, назустріч сталактитові знизу росте інший наплив, звернений вістрям угору,— це сталагміт[2]. Стікаючи, вода відкладає розчинене в ній вапно на стінах, склепінні і долівці печери. Минають століття, тисячоліття. Сталактити і сталагміти ростуть назустріч один одному, а коли вони зустрічаються, утворюють колони.

Деякі гірські породи — вапняки, гіпси, кам'яна сіль — легко розчиняються водою. Вода може проникати у товщу таких порід по тріщинах, що утворюються в процесі вивітрювання або від тиску при горотворенні. Вода, розчиняючи породу, починає поступово розширювати і поглиблювати в ній тріщини.

Утворення печер, колодязів, зяючих тріщин у породах під землею і воронок на поверхні зв'язане з розчиненням деяких порід підземними та поверхневими водами. Такі явища називаються карстовими, або карстом,— за назвою гірської країни Карзо, або Карст, розташованої на кордоні Югославії та Італії. Ця країна складена потужними товщами вапняків, у ній багато печер, воронок, зникаючих рік, виходів підземних рік на поверхню тощо.

В СРСР карстові явища розвинуті у вапнякових горах Криму, на Кавказі, Уралі, в Тянь-Шані, в басейні Ангари в Сибіру і в інших місцях.

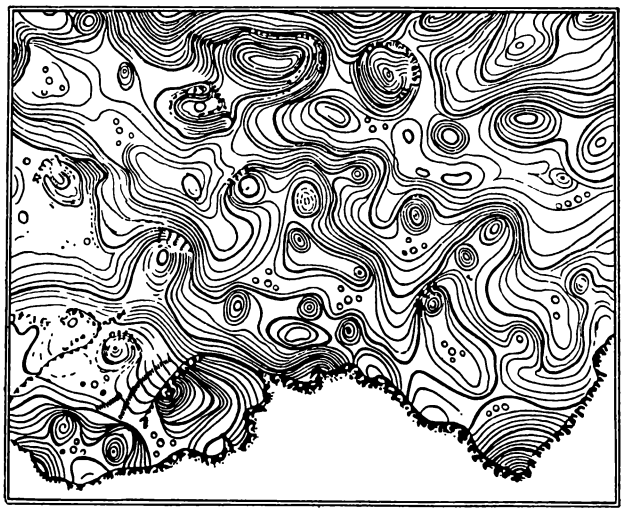
ГІРСЬКІ ПОРОДИ — ЗБИРАЧІ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Проте не всі гірські породи легко розчиняються атмосферними водами.

У тверді кристалічні породи, наприклад, у граніт, вода може проникати тільки по тріщинах.

У зернисті, пухкі породи, як пісок або галечник, вода може просочуватися крізь пори, тобто через проміжки між окремими піщинками або гальками.

Пустоти, якими вода проникає в гірські породи, можуть мати найрізноманітнішу форму. За цією ознакою гірські породи поділяють на тріщинуваті (граніти, вапняки) і пористі, або зернисті, породи (піски, галечники).



На плані Кримської Яйли горизонталями показано карстові воронки і котловини у вапняках.

Гірські породи, крізь які проникає вода, називаються водопроникними. Але є в природі породи, які не пропускають води,— це глини і нетріщинуваті тверді кристалічні породи. Їх називають водотривкими.

У тріщинуватих породах підземна вода рухається порівняно швидко: від 100 *м* до 100 *км* за добу, а в пористих породах — повільно; і чим дрібніші пори, тим повільніше тече вода. Так, наприклад, у шарах піску швидкість підземної води від 5 до 100 *м* за добу, у суглинках і лесах ще повільніша — від 0,5 до 5 *м* за добу.

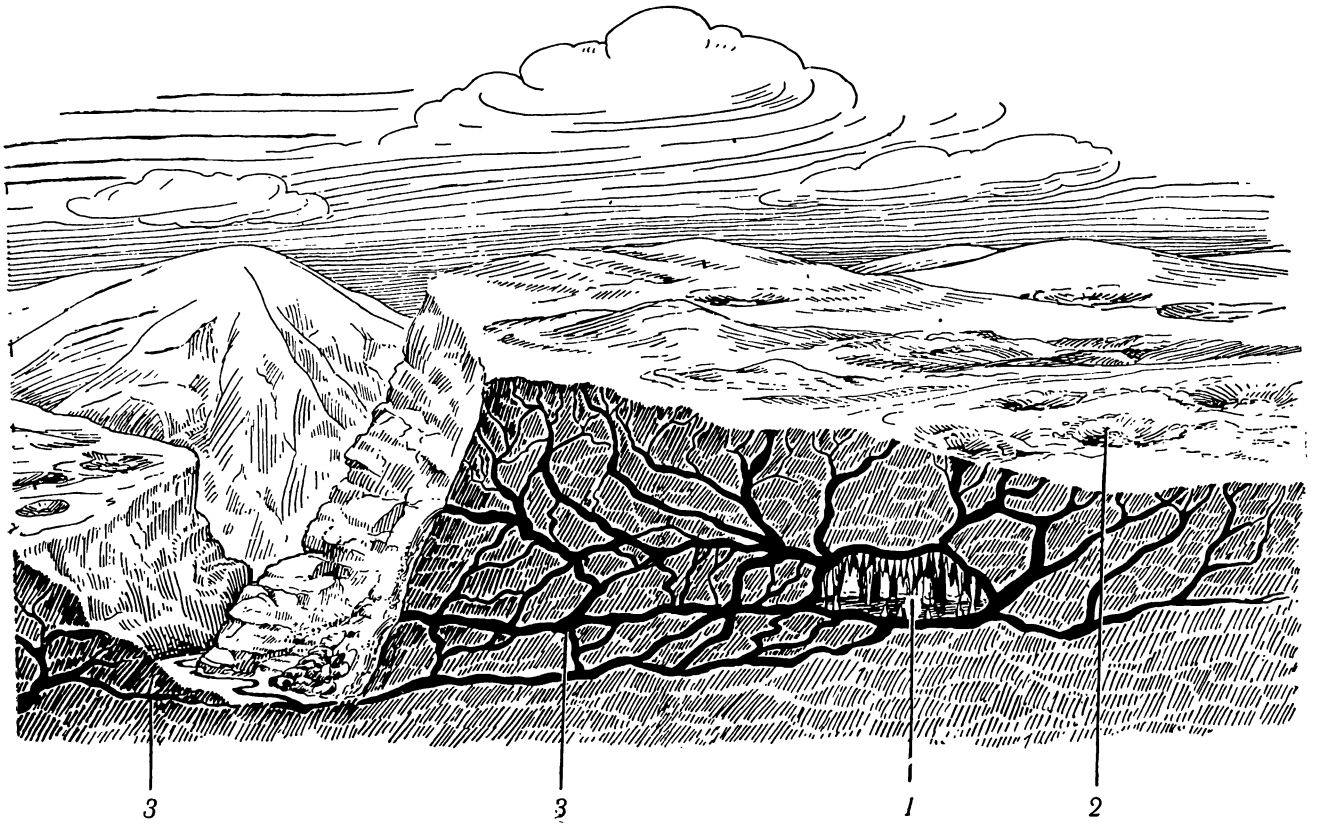
Пóрові води, як і води ріки або озера, мають водну поверхню, яка називається дзеркалом підземних вод. Якщо тріщини в породі не цілком зайняті водою, то підземні води утворюють не єдиний потік, а розрізнені підземні водотечії. Потік підземних вод, що заповнює пустоти в гірській породі, називається водоносним горизонтом.

Підземна вода, що повільно тече в піщаному шарі і перекрита зверху водотривким шаром (наприклад, глиною), рухаючись, поступово очищається і стає придатною для пиття.

Підземна ж вода, що швидко тече в тріщинуватих породах, не захищена від проникання поверхневих вод і забруднена.

[1] Від грецького слова «сталактос» — те, що натекло краплями.

[2] Від грецького слова «сталагма» — крапля.



Вапнякове плато в розрізі:
1 — підземна печера; *2* — карстова воронка; *3* — тріщини, по яких іде підземна вода.

КРУГОВОРОТ ВОДИ В ПРИРОДІ

Вода, що випала дощем або снігом на будь-яку ділянку земної поверхні, не вся просочується в землю. Частина її випаровується і знову надходить в атмосферу, частина стікає в ріки та струмки, і тільки деяка кількість проникає в гірські породи, утворюючи підземні води. Зовсім невелику кількість опадів використовують рослини і тварини.

Просочуючись у глиб землі, вода скупчується у водопроникних гірських породах і рухається під дією сили тяжіння з вищих місць у нижчі. На схилах річкових долин або в інших знижених місцях підземні води знову можуть вийти на поверхню джерелами. Місце, де підземна вода виходить на схилах долини, легко пізнати ще здалеку по заболоченості схилу або по соковитій зелені, пишних кущах і тінистих деревах, що оточують джерело. Більшість рік починається джерельцями і джерелами, тобто виходами підземної води. Ріки звичайно впадають в озера або моря. Випаровуючись, води суші знову надходять в атмосферу і повертаються на поверхню землі дощем або снігом. Так відбувається великий кругообіг води в природі (див. рис. на стор. 59 внизу).

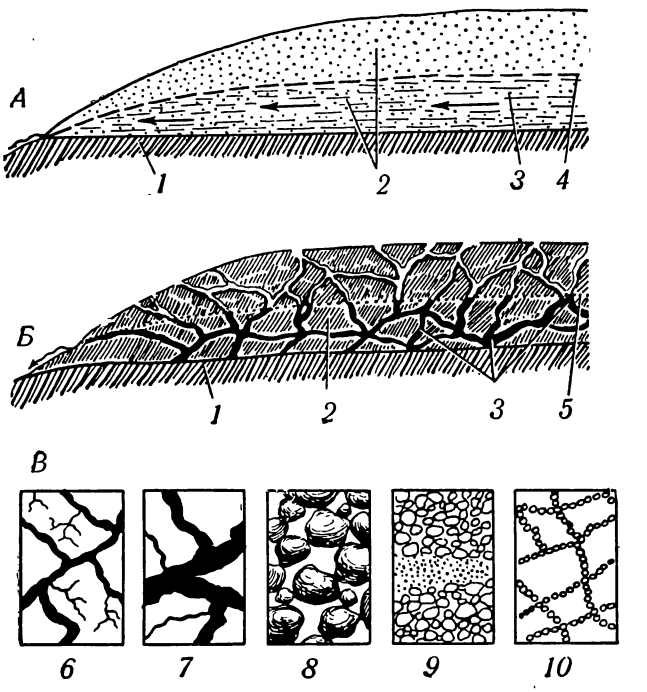
Підземні води широко використовуються. Люди копають к о л о д я з і; це квадратні дерев'яні зруби або залізобетонні труби, які опускають в ями, викопані до підземного водного потоку.

Іноді до поверхні водоносного горизонту спеціальним буровим інструментом просвердлюють циліндричної форми отвір — с в е р д л о в и н у. Щоб стінка свердловини не обсипалась, в неї вставляють металеву трубу. В нижній частині труби, яка занурюється в підземний потік, роблять отвори, щоб підземна вода могла проходити в свердловину. Звідси воду вже насосом піднімають на поверхню землі (див. рис. на стор. 60). Колодязі і свердловини використовують для забезпечення водою міст, колгоспів і радгоспів. Нерідко доводиться по-

глиблювати і розчищати природний вихід води, укріплювати стінки ями кам'яною кладкою і воду джерела виводити залізною трубою. Таку споруду називають к а п т а ж е м.

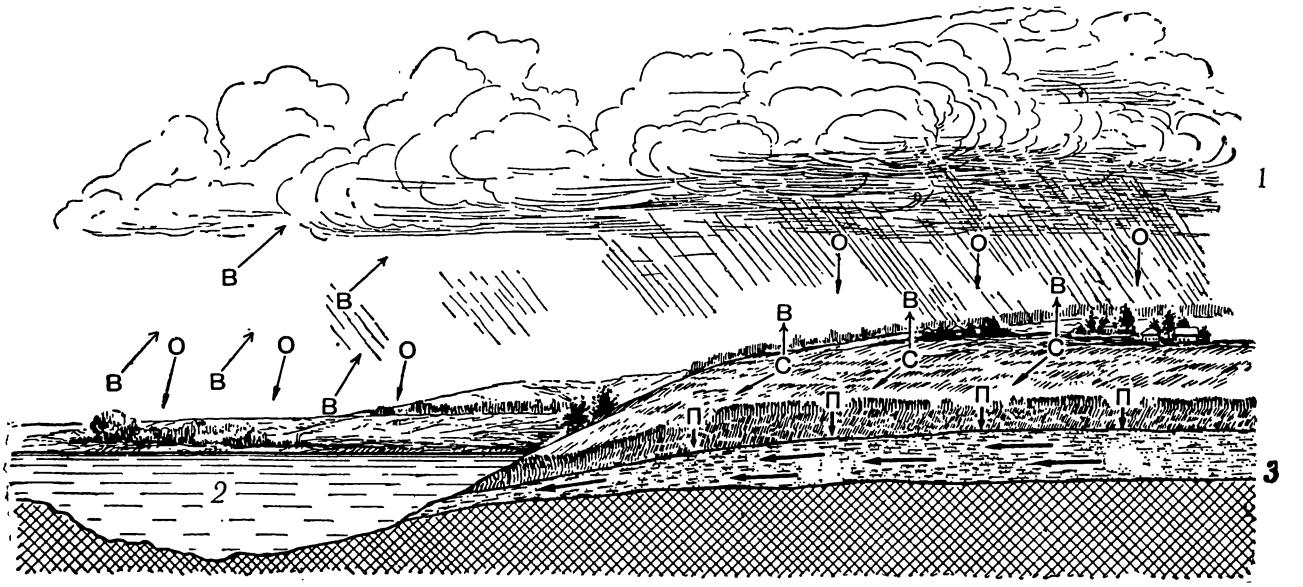
Підземні води можуть утворитися не тільки внаслідок безпосереднього проникнення дощових і снігових вод у грунт і далі по пустотах у гірські породи.

Російський вчений О. Ф. Лебедєв установив, що підземні води можуть утворитися і від проникання водяної пари з атмосфери в пустоти гірських порід. Проте не всяка водяна пара утворює підземну воду. Окремі молекули води у вигляді пари можуть частково або цілком вкривати частинки грунту. Якщо водяної пари багато, то навколо частинок грунту виникає суцільна плівка — п л і в к о в а в о д а. Така плівка, що оточує частинку грунту, може бути різної товщини. Коли дві частинки грунту з плівкою води різної товщини стикаються, то плівкова вода з плівки більшої товщини почне пересуватися до плівки меншої товщини, поки товщина плівок на обох частинках не зрівняється. Якщо в породі або в грунті водяної пари так багато, що може утворитися шар водяної плівки, який частинка грунту вже не вдержує, то надлишкова вода з плівкового стану перейде у краплинно-рідкий. Під дією сили ваги краплі води відриватимуться від частинки грунту і переміщатимуться зверху



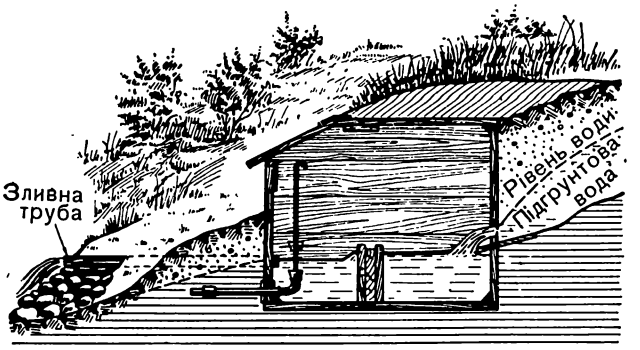
Гірські породи — вбирачі підземних вод:

А — зернисті породи; *Б* — тріщинуваті породи з підземними водотоками: *1* — водотривкі породи, *2* — водопроникні породи, *3* — підземна вода, *4* — дзеркало підземних вод, *5* — рівень підземних вод; *В* — пустоти, по яких проникає вода: *6*—волосні тріщини, *7* — великі тріщини, *8* — пустоти в галечниках, *9* — пори в пісках, *10* — маленькі пори в лесовидних породах (суглинках, лесі).



Круговорот води в природі:

1 — атмосфера, *2* — гідросфера, *3* — літосфера, *О* — опади, *В* — випаровування, *С* — стік, *П* — просочування; горизонтальні стрілки показують підземний стік.



Штучний вихід підземної води.

вниз. Так, наприклад, у Каракумах та інших посушливих місцях, де дуже мало опадів, підземні води утворюються переважно від згущення пари в гірських породах і від скупчення краплинно-рідкої води.

ПОТОКИ ПІДЗЕМНИХ ВОД У ГІРСЬКИХ ПОРОДАХ

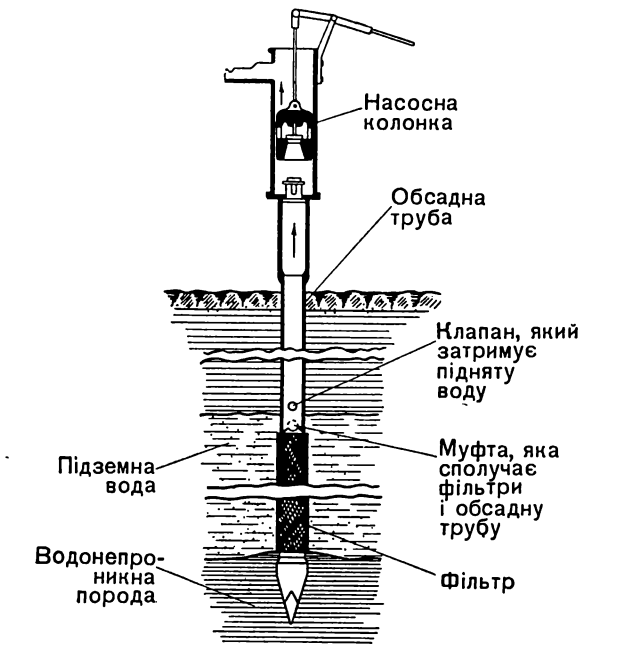
Підземні води можуть протікати в найбільш верхній частині Землі, де не всі пустоти між частинками породи заповнені водою. Їх називають **верховодкою**. Такі підземні води існують тільки часами — у дощові періоди. Болотні і грунтові води теж належать до верховодки. Це погані джерела питної води: вони легко забруднюються, а в посушливу пору пересихають.

Підземні води, що залягають на першому від поверхні водотривкому пласті порід, називаються **підгрунтовими**. У підгрунтовому потоці всі пустоти гірської породи заповнені водою. Рівень і температура підгрунтових вод знижуються взимку і підвищуються навесні — на початку літа. Ці води менше, ніж верховодка, забруднюються, але й вони ненадійне джерело водопостачання: підгрунтові води поповнюються атмосферними опадами, що просочуються у гірські породи. Багато випало дощів — рівень підгрунтових вод підвищиться, мало — знизиться.

Найціннішими підземними водами є ті, що залягають між водотривкими пластами. Це води **міжпластові**.

Якщо викопати колодязь до міжпластової підземної води, то вона може піднятися в колодязь і навіть утворити фонтан. Фонтан утворюється, коли підземні води заповнюють весь простір між водотривкими пластами і тиснуть на верхній пласт. Їх називають **артезіанськими** за старoримською назвою провінції Артуа у Франції — Артезія, де їх уперше використали.

Артезіанські води заповнюють водопроникні пласти на величезних просторах і утво-



Свердловина, по якій насосом підгрунтову воду піднімають на поверхню.

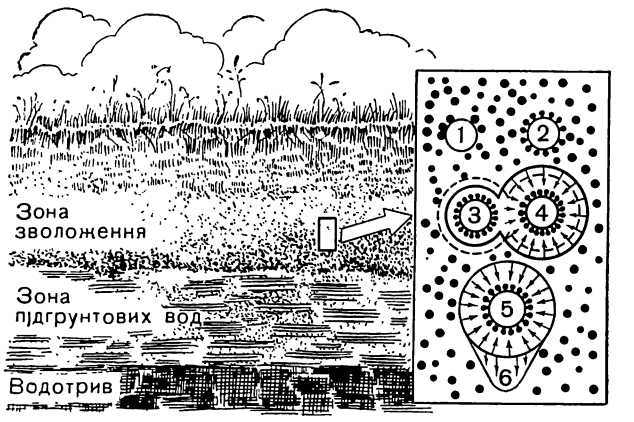


Схема утворення підземної води в атмосферної водяної пари, що проникав в пустоти гірських порід. Праворуч показано рівні стадії утворення плівкової води:

1 і *2* — молекули водяної пари (чорні кружечки) вкривають частинку грунту (гірської породи); *3* і *4* — плівкова вода в плівках різної товщини переходить від товстішої плівки до тоншої; *5* — плівкова вода найбільшої товщини вкриває частинку породи; *6* — утворення краплинно-рідкої води.

рюють великі запаси води. Ці води захищені від забруднення зверху водотривким пластом. Артезіанські води — найцінніше джерело водопостачання.

Дуже цікаві і своєрідні підземні води у північних районах, де залягає вічна мерзлота. В СРСР вона займає близько 47% усієї території, тому вивчення підземних вод у районах вічної мерзлоти має велике практичне значення.

Видатні російські вчені акад. В. О. Обручов і М. І. Сумгін, а також ряд інших російських дослідників створили нову науку — мерзлотознавство.

Вічна мерзлота виникла в холодні, льодовикові епохи. У сучасну, післяльодовикову, епоху клімат Землі м'якшає, теплішає і в багатьох місцях площі під вічною мерзлотою поступово зменшуються.

В області вічної мерзлоти є підземні води, що залягають над вічномерзлим грунтом. Вони насичують крайній верхній шар землі. Буває також, що підземні води або маси чистого льоду лежать між вічномерзлими товщами. Найглибші води залягають під товщею вічної мерзлоти. Їх звичайно використовують для водопостачання містам і великим селищам у північних районах Радянського Союзу.

ЗНАЧЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ДЛЯ ЛЮДИНИ

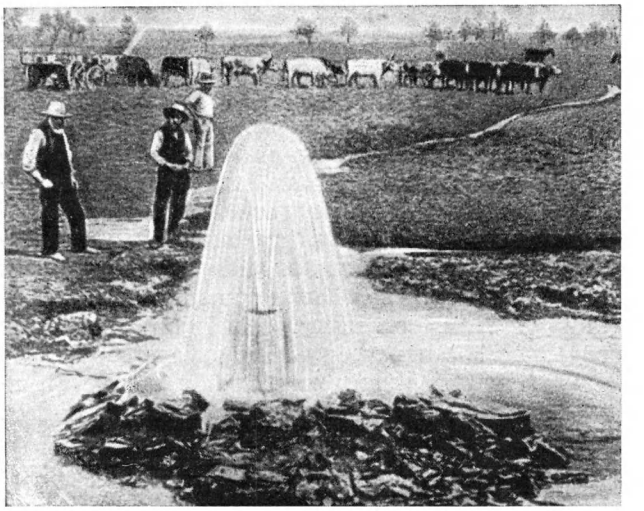
Відомий російський вчений-геолог О. П. Карпінський писав, що підземні води — найдорогоцінніша корисна копалина. І справді, важко знайти іншу копалину, яка так увійшла б у життя і побут людини, як підземні води. Їх використовують всюди: для побутових потреб, у сільському господарстві для зрошування полів і в промисловості.

Підземні води відрізняються від поверхневих прозорістю і чистотою. Правда, від перегною й інших органічних сполук, а також заліза підземна вода може стати жовтуватою і бурою, а домішка деяких солей заліза і сірководню іноді надає їй зеленувато-голубого забарвлення і присмаку.

Звичайно ж чиста підземна вода не має запаху і смаку.

Температура підземних вод може бути різна. Нижче від глибини зимового промерзання вона в середньому коливається від 0 до 10°. З глибиною температура збільшується.

У природі підземні води бувають різної температури: до 20° — холодні, від 20 до 37° — теплі, від 37 до 42° — гарячі і понад 42° — дуже гарячі.



Артезіанський колодязь.

Хімічний склад підземних вод дуже різноманітний і залежить від складу порід, в яких вони течуть. Розчиняючи породи, підземні води збагачуються на солі. Наприклад, про-

Цілюще джерело в місті Старій Руссі (Новгородська область).

тікаючи через вапняки та інші гірські породи, де є вапно, води дістають вуглекислі солі кальцію і магнію. В соленосних породах, що містять у собі кам'яну сіль або гіпс, підземні води розчиняють ці мінерали.

Характерних запахів набуває вода від сірководню та деяких інших газів. Органічні речовини надають їй неприємного запаху і солодкуватого присмаку, кухонна сіль (хлористий натрій) — солоного смаку. Від домішок різних солей натрію і магнію води бувають гіркими і гірко-солоними. В'яжучий смак має вода, що містить у собі гіпс і магній.

Від вмісту різних солей та їх кількості залежить багато властивостей підземних вод. Чому в чайнику утворився накип? Чому не милиться мило? Тому, що вода тверда, насичена вуглекислими і сірчанокислими солями кальцію і магнію. В такій воді мило утворює нерозчинні солі жирних кислот. Якщо воду скип'ятити, вона стане м'якшою. Звичайно розрізняють м'які, середні і тверді води. Для використання підземної води у промисловості дуже важливо знати її твердість. Тверді води, наприклад, шкідливі для парових котлів, бо утворюють на їх стінках накип.

Підземні води майже завжди містять у собі гази — кисень, вуглекислий газ, сірководень, сірчистий газ, метан і багато інших.

Підземні води можуть бути прісними, мінералізованими, солоними. Звичайно вважають, що коли в 1 *л* підземної води розчинено до 1 *Г* солей, то це прісна вода, до 5 *Г* — мінералізована, понад 5 *Г* — солона.

Мінералізовані і солоні підземні води використовують у промисловості. Так, наприклад, з вод нафтових родовищ іноді добувають йод, бром і соду; з вод розсолів — різні солі, в тому числі і кухонну (хлористий натрій).

Мінеральні води використовують для лікування. Вони мають іноді підвищену температуру, часто бувають насичені газами. Серед лікувальних вод особливо велике значення мають вуглекислі, сірководневі (сульфідні) і радіоактивні. Радіоактивні води містять у собі в незначних кількостях солі радію, газ радон та продукти його дальшого розпаду. Ці води успішно застосовують при лікуванні нервової системи і деяких інших захворювань.

Мінеральні води часто бувають в районах давньої або сучасної вулканічної діяльності.

Наша Батьківщина багата на дуже цінні підземні води. Вони використовуються в промисловості і сільському господарстві.

Вибираючи місце для будівництва великих гребель і водосховищ, гідрогеологи повинні передбачити втрати води по карстових тріщинах і каналах, бо це дуже небезпечне явище. Небезпечні для будівництва і зсуви, розвиткові яких сприяють підземні води. Тому треба пильно вивчити підземні води в тій місцевості, де мають будувати гідротехнічні споруди: греблі, зрошувальні канали, гідростанції і т. д.

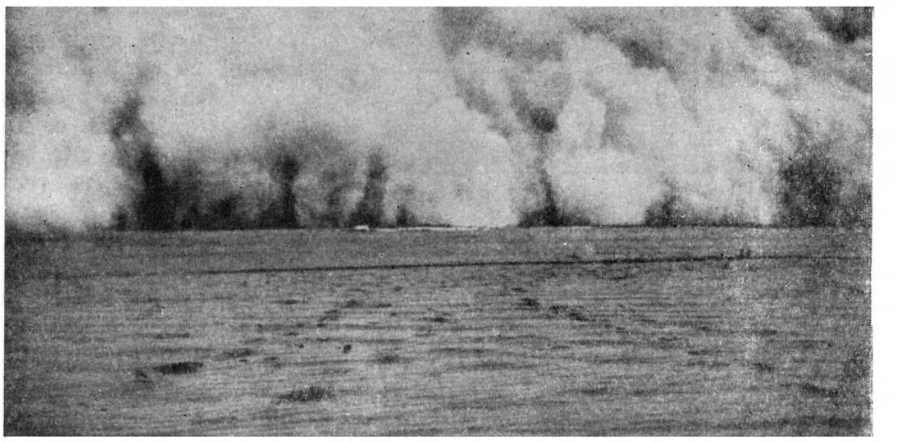
Розвиток народного господарства і промисловості вимагає відкриття нових запасів підземних вод. В цій почесній і цікавій роботі, напевне, візьме участь і багато хто з наших юних читачів.

ЯК ВІТЕР ЗМІНЮЄ ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ЗЕМЛІ

Вітром називається переміщення повітря майже паралельно земній поверхні. Сила вітру залежить від його швидкості. Повільні рухи, які ми називаємо «вітерцем», «легким вітром», можуть піднімати і переносити тільки найлегші предмети — папірці, порошинки. А сильні рухи повітря піднімають клуби куряви на грунтових дорогах і на пересохлих зораних ланах. У Поволжі навесні бувають так звані суховії — сильні вітри, що дмуть з пустинь Азії. Вони сушать грунт полів, забирають легкі частинки його з собою, оголяють і нищать ростки озимини і переходять іноді у справжні пилові бурі. Такі

бурі добре відомі у нас в Середній Азії; в Північний Китай вони приносяться з пустині Гобі. До Північної Африки з пустині Сахари вторгаються страшні пилові бурі, які називають самумом і хамсином.

Людина здавна використовує вітер як силу, яка приводить у рух парусні судна, обертає жорна у вітряках, піднімає воду на водокачках, добуває електричну енергію на малих електростанціях.



Самум у пустині. Піски, що підняв ураган високо в повітря, насуваються широким фронтом.

На силу і напрям вітру доводиться зважати, будуючи міста і заводи: будування високих заводських димарів планують так, щоб дим заводів вітер не відносив на жилі квартали. Вітер впливає і на польоти літаків, і на точність стрільби. З вітром зв'язана зміна погоди.

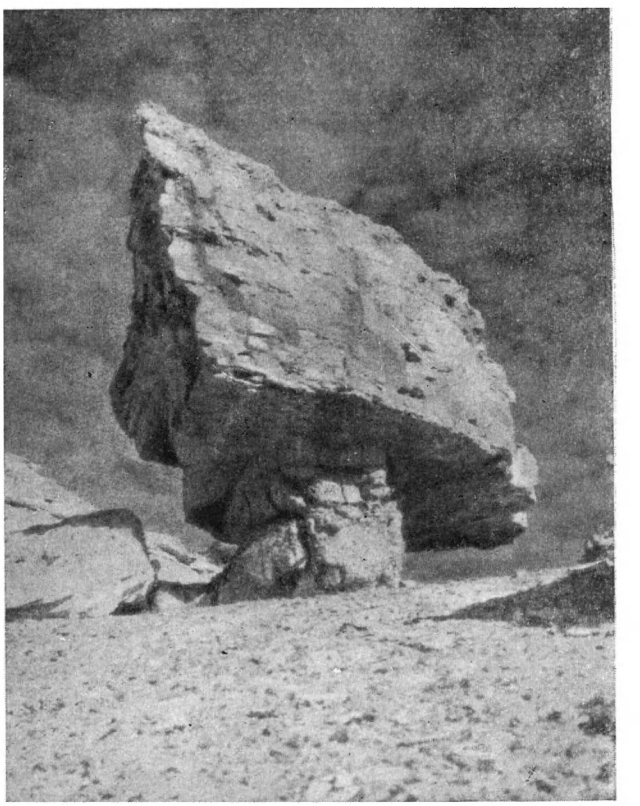
Вітер — дуже важливий перетворювач поверхні Землі. Він підхоплює і переносить на великі відстані дрібні уламки гірських порід і частинки мінералів у вигляді піску і пилу. З їх допомогою він виконує велику геологічну роботу. Ці частинки утворюються на поверхні Землі в результаті процесів вивітрювання гірських порід (див. стор. 45), які ніби готують матеріал для роботи вітру.

Піщинки, зустрічаючи на своєму шляху окремі камені і б'ючи по них, потроху полірують, шліфують їх, відокремлюють м'якші породи, які легше піддаються руйнуванню, залишаючи твердіші ділянки у вигляді гребенів та різних виступів. Уламки гірських порід на землі обточуються з різних боків струминками піщинок. Такі камені є навіть в Московській, Рязанській, Воронезькій та інших областях.

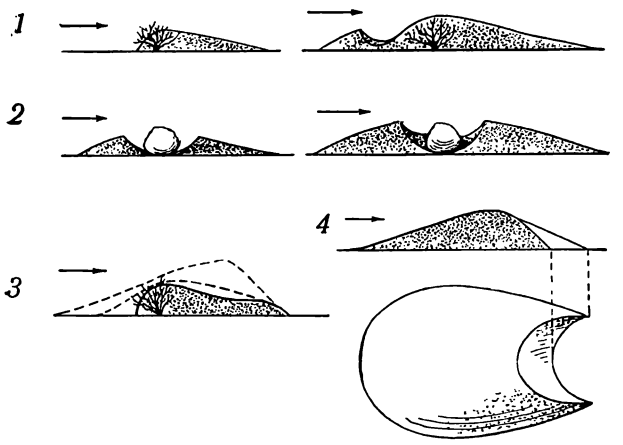
Обточувальна і полірувальна робота вітру особливо проявляється у так званих кам'янистих пустинях. Це молоді пустині, що виникли порівняно недавно, в яких ще не зовсім встигли зруйнуватися гірські пасма.

Природа кам'янистих пустинь сувора, але не позбавлена похмурої краси: височать оголені гострі вершини скель з навислими карнизами з твердих порід, що повільно руйнуються, а біля підніжжя скель завжди насипані купи уламків.

Вітер майстерно відокремлює твердіші породи від м'якших, пухкіших, виносячи з них дрібні частинки. Ділянки твердих порід лишаються як пам'ятки, свідки минулого, вказуючи, що тут колись здіймались гірські вер-



Кам'яний гриб, що утворився внаслідок роботи вітру.



Стадії утворення барханів (стрілками показано напрям вітру):

1 — навколо куща утворюється піщаний горб, що переростає потім у бархан; *2* — камінь перешкоджає рухові піску, і навколо нього утворюється бархан; *3* — розростання бархана; *4* — вигляд бархана збоку і зверху (у плані).

шини. Кінець кінцем утворюються так звані вітрові стовпи, або «свідки». Самотніми сторожовими баштами височать такі стовпи серед «вигладжених» пустинних просторів. Через те що вітер піднімає піщинки звичайно не вище як на 2 *м* від землі, основа таких скель шліфується і тоншає швидше, ніж вершина, внаслідок чого утворюється скеля, формою схожа на гриб.

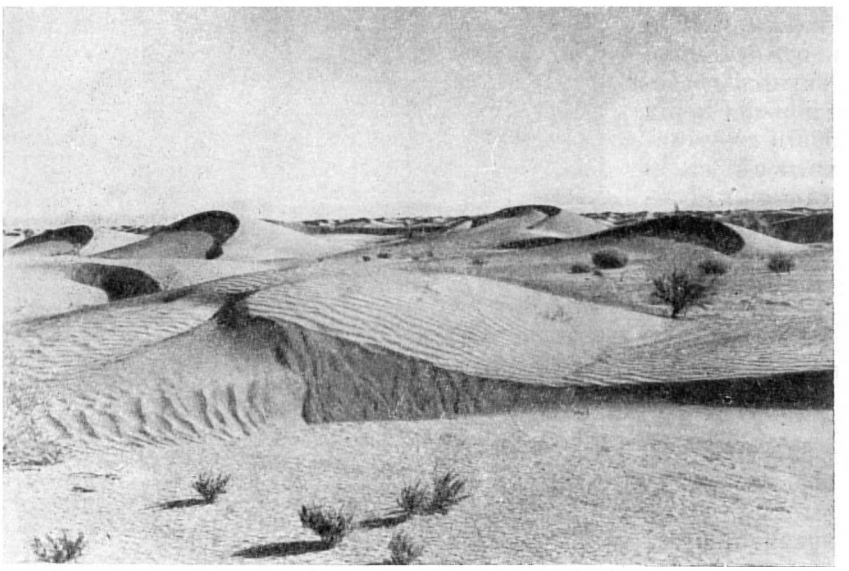
Групи грибовидних скель і вітрових стовпів створюють дуже цікавий, своєрідний ландшафт. Виникає враження, що ці скелі — руїни сіл або башт і замків, мальовничо розкиданих серед пустині.

Таким є, наприклад, у Західному Китаї «Еолове місто»[1].

Минуть тисячоліття, і невтомний вітер з допомогою захоплених частинок підточить скелі, перекине їх і розкидає всюди їх уламки. Тоді виникнуть щ е б е н и с т і пустині. Вони трапляються в Гобі. Щебенисті пустині — це величезні вирівняні простори, усипані щебенем та піском, серед яких трапляються поодинокі гори або ж невисокі пасма гостроверхих скель — рештки ще не до краю зруйнованих гірських пасом. Щебениста пустиня є перехідною до п і щ а н о ї, особливо поширеної на Землі. Такі піщані пустині є у нас в Середній Азії — Каракуми і Кизилкум, в Центральній Азії — Гобі, в Африці — Сахара і в ряді інших місць.

Вітер знаходить у пустинях багато матеріалу для утворення сипучих пісків, що виникають переважно в результаті вивітрювання відслонених гірських порід. Крім того, в пустинях є багато пухкого алювію (відклади текучих вод), відкладів рік, що пересихають після весняної повені, та потоків (силів), що утворюються під час дощів у горах.

У Середній Азії великі площі зайняті відкладами озер і рік, що існували колись і перемінили тепер своє русло або зовсім зникли. Ці відклади складаються з піску і мулу, які зовсім висохли і легко розносяться вітрами. Так утворились піщані пустині— Каракуми («Чорні піски»), Кизилкум («Червоні піски»), Муюнкум, Великі і Малі Барсуки та ін. Кількість матеріалу, що розвівається вітром, постійно збільшується відкладами під час розливів Аму-Дар'ї і прибоєм на берегах Аральського моря.



Бархани.

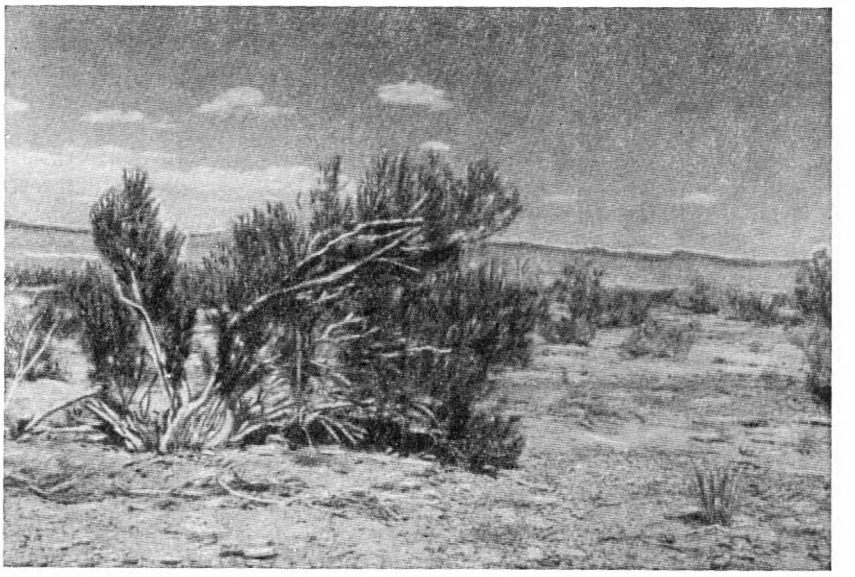
Вітер у пустинях не випадковий гість, а, можна сказати, хазяїн. Як тільки зійде сонце, майже завжди виникає вітер: спочатку це слабкий вітерець, але потім він поступово поси-

[1] *Еол* — бог вітрів у стародавніх греків. «Еолове місто» відкрив автор статті акад. В. О. Обручов у 1906 р. в Західному Китаї.

люється, досягає найбільшої сили близько полудня і стихає тільки вночі. Нерідко бувають бурі, що лютують іноді по двітри доби.

Скрізь, де вітер натрапляє на пухкий грунт, він підхоплює піщинки і несе їх з собою до найближчої перепони.

Перед цією перепоною насипається піщаний плоский горбок, схили якого дуже скоро змінюються: навітряний, з якого вітер виносить пісок далі, стає більш положистим, а підвітряний, на якому пісок скупчується, стає крутішим, і по ньому пісок, що приноситься вітром, сам скочується вниз. По обох бокових схилах горбка вітер переносить піщинки далі; поступово горбок набирає форми, схожої на кінське копито. Такі горби дістали тюркську назву б а р х а н, і вона стала тепер загальновживаною.

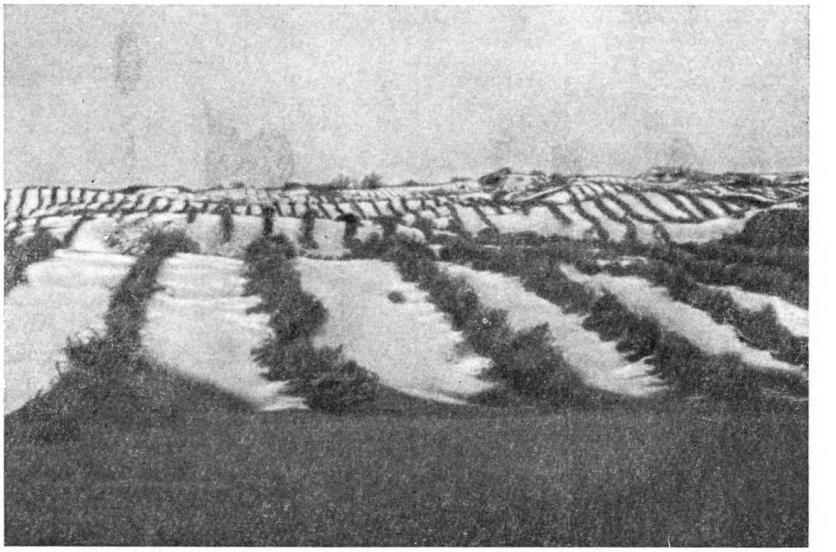


Котловина, що заросла саксаулом.

Сипучі піски, що складаються з таких горбів і займають іноді величезні площі, називаються б а р х а н н и м и пісками. Великі бархани можуть пересуватися на 2—3 *м* за рік.

При великому вітрі невеликий бархан пересувається на 1—2 *м*, а іноді і на 10 *м* за добу. Площа, поспіль укрита барханами, схожа на поверхню застиглого бурхливого моря. Навітряні схили кожної гряди вкриті брижами—дрібними хвилястими гребінчиками. При великому вітрі брижі зникають, бо вся поверхня навітряних схилів починає рухатися: пісок летить струминами вгору по схилах барханів і ллється каскадами з підвітряного боку. З усіх гребенів барханів дрібніші частинки піднімаються вгору курявою, затемнюючи повітря.

Висота барханів різна, звичайно від 15 до 20 *м*, але в деяких місцевостях і до 100—200 *м*,— це цілі гори піску. Такі піски є в пустинях Такла-Макан і Алашань у Центральній Азії, в деяких частинах пустинь Сахари і Аравії. Дуже високі бархани утворюються в пустинях Каракуми в Туркменії і Кизилкум у Казахстані та Узбекистані. На барханних пісках є рослинність. Вітри заносять насіння рослин у піщану пустиню, воно проростає і укріплюється, особливо в улоговинах між барханами. Там ростуть деякі злаки, кущі, серед яких цікаві різні види саксаулу, що утворює іноді цілі ліси. Кущі саксаулу досягають 3—4 *м* висоти, мають криві, часто розгалужені стов-



Сіяні трави і посаджені кущі затримують пересування дюн.

бури з дуже нерівною корою. Саксаул з його тонкими довгими зеленими гілочками і обрідними малюсінькими листочками дає тільки прозору тінь. Така форма листочків зменшує випаровування води рослиною. Деревина саксаулу тверда, її дуже важко рубати сокирою.

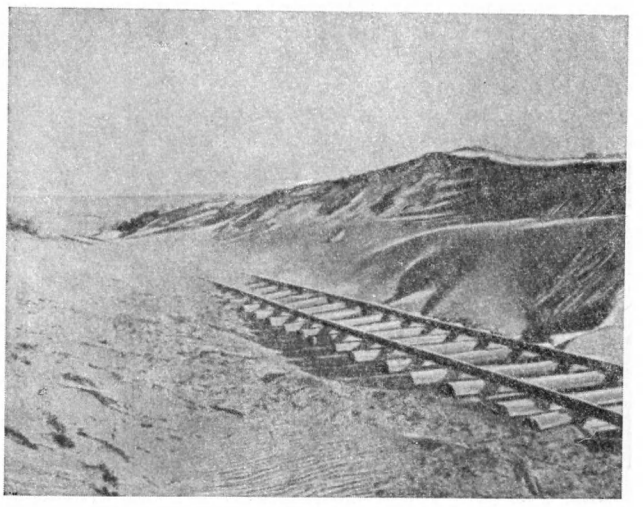
Пустиня була батьківщиною скотарства. Рослини, що там ростуть, дають корм худобі. І тепер пустині використовують як пасовища.

Вітер допомагає утворенню пилу і піску з гальки та інших матеріалів на березі моря і озер. Підсохлі піщинки підхоплює вітер, який часто дме з моря або з озера, і переносить до першої перепони — найчастіше до якогось кущика на пляжі або великого каменя, де утворюється горбок.

На березі піщаний горбок не лишається самотнім. Хвилі постійно викидають на пляж свіжий пісок, а вітер пересуває його далі. Перепон на шляху руху піску багато, і незабаром починається зливання окремих горбків з сусідніми справа і зліва. Утворюється д ю н а — піщана гряда, паралельна берегу. Дюна поволі зростає, затримуючи пісок, принесений вітром.

Найближча до берега моря передова дюна пересувається, бо вітер раз у раз переносить пісок з навітряного схилу на підвітряний: вона поступово переміщається в глиб суші. А коли підвітряний схил дюни відсунеться досить далеко від берега, на місці цієї дюни починає виникати і повільно зростати нова.

Так поступово вздовж берега утворюється кілька паралельних рядів дюн.



Рухомі піски.

На берегах Балтійського моря дюни досягають висоти 20—30 *м*, на березі Атлантичного океану у Франції — до 50—100 *м*, а на берегах Середземного моря — навіть до 150—200 *м*. Швидкість пересування окремих маленьких дюн може досягати в буряну погоду 2—3 *м* за добу, а великі дюни пересуваються на віддаль від 1 до 20 *м* за рік.

Пересуваючись, дюни засипають ліси, поля, села. Наступаючі дюни подекуди підгачують річки, що впадають у море, примушують їх розливатися, заболочувати місцевість.

Пересування дюн люди намагаються спинити. Пляж, з якого вітер виносить пісок на дюни, закріплюють висіванням трав і садінням кущів; а дюни закріплюють спочатку висіванням трав, а потім садінням дерев, особливо сосон, які добре ростуть на піщаному грунті. Поступово людина перетворює дюни в суцільні ліси та сади і зовсім припиняє їх переміщення.

У нашій країні морські і річкові дюни є на берегах Балтійського, Чорного, Каспійського і Аральського морів і вздовж нижньої течії рік Волги, Дону, Дніпра, Аму-Дар'ї і Сир-Дар'ї. Успішна боротьба з дюнами провадиться на Балтійському морі і по Дніпру.

Хоч величезні площі пісків допускають тільки негусте заселення людиною або навіть зовсім не допускають його, все ж вони можуть бути завойовані і перетворені з пустинь у ліси і сади. В більшій частині піщаних пустинь пісок на невеликій глибині має в собі досить вологи, яка холодними ночами утворюється з водяної пари повітря і живить рослини. Для закріплення пісків треба сіяти трави, що добре ростуть на піску, а коли трави закріпляться, почати садити дерева, кущі і створювати лісові смуги.

У старовинних китайських літописах є немало розповідей про те, яке страшне лихо спостигало села на окраїнах пустинь. Колись люди не вміли боротися з невідступним насуванням барханів і покидали свої села, а пустиня засипала їх.

Ще в XIII ст. в пустині Гобі було відоме місто Хара-Хото («Чорне місто»), покинуте жителями, бо на нього стали насуватися піски, які незабаром засипали його зовсім.

Честь відкриття м. Хара-Хото, похованого під пісками, належить мандрівникові П. К. Козлову (див. том 1 «ДЕ», стор. 398).

У жаркі дні в пустинях і степах Середньої Азії можна завжди спостерігати утворення так званих т р о м б і в, або пилових воронок.

То тут, то там на поверхні землі виникає швидке спіральне обертання повітря у вигляді стовпа куряви, що лійкоподібно розширяється догори. Цей стовп, крутячись, мчить по землі. Все нові й нові частинки пилу та інші легкі предмети — сухі листочки, стеблинки — вбирає тромб у себе. Вони крутяться спіраллю по поверхні стовпа, піднімаючись все вище й вище, поки, нарешті, на висоті до 300 *м* весь стовп не розсіється. Більші предмети (стебла, піщинки) падають на землю, а дрібний пил довго лишається в повітрі, яке протягом дня поступово втрачає свою прозорість.

Запилюють повітря барханні та інші (бугристі, грядові) піски, бо на їх поверхні завжди утворюється пил. Влітку відкрита поверхня пісків вдень нагрівається сонцем до 60—80°, вночі остигає до 15—20°; взимку вона нагрівається менше, але охолоджується більше. Різні мінерали, з яких складаються піщинки, від такого коливання температури розтріскуються і розсипаються на пилинки. Тому кожний порив вітру завжди знаходить на поверхні піску деяку кількість нових пилинок, які він і підіймає.

Отже, в пустинях і напівпустинях процеси вивітрювання і робота вітру завжди створюють багато пилу. Вітри переносять цей пил на величезні віддалі. Наприклад, з Сахари пил летить і на північ — в Європу, і на захід — в Атлантичний океан. Збирання цього пилу (коли він випадає з снігом або на сніг) і відповідні підрахунки показали, що вітер переносить багато тонн пилу.

У повітрі пил держиться довго, роблячи його менш прозорим, так що сонце іноді здається червоною кулею без променів, а далекі гори ледве видно крізь серпанок. Після кожного дощу або снігу «промите» повітря стає чистішим і прозорішим.

Пил, що утворюється процесами вивітрювання і перевіванням сипучих пісків, виноситься на окраїну пустинь. Тут він поволі осідає, а головне — прибивається дощем і снігом до земної поверхні, вкриваючи всю рослинність, з якої його змиває дощ. Окраїни пустині вкриті вже густішою рослинністю, яка затримує пил. Поступово скупчуючись по 1—2 *мм* за рік, цей пил протягом тисячоліть утворює особливий вид відкладів, які називаються л е с о м, або ж о в т о з е м о м.

Лес залягає товщами від кількох метрів до кількох сотень метрів.

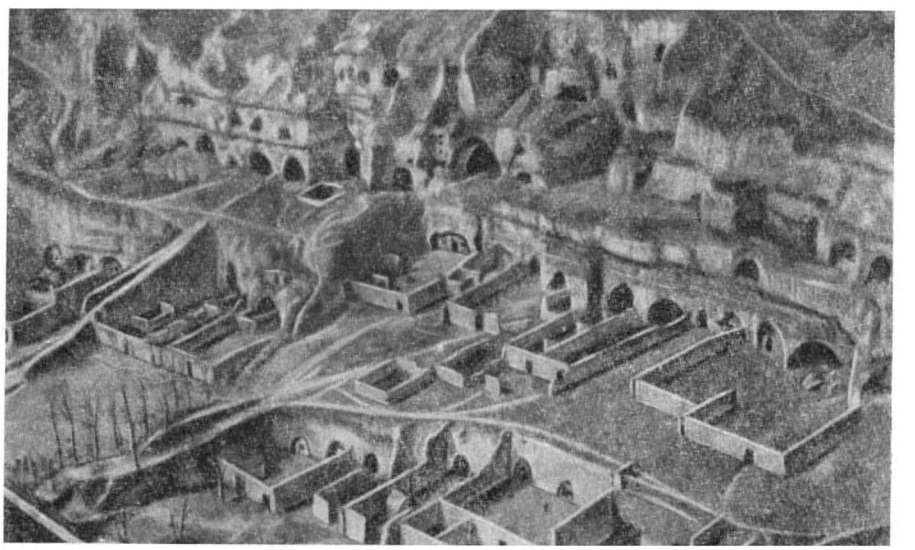
Лес має сіро-жовтий або бурувато-жовтий колір, легко ріжеться ножем, роздавлюється і розтирається між пальцями, причому ясно відчуваються піщинки серед дрібніших частинок. Незважаючи на такий нетривкий зв'язок частинок, лес утворює прямовисні кручі до 20 і більше метрів заввишки.

Характерні якості лесу — його нешаруватість і пористість — створені відкладанням пилу без допомоги текучої води[1].

У руслах рік і струмків і на схилах гір та горбів пил, принесений вітром, відкладається з участю текучої води шарами. Ці відклади пилу поширені поряд з нешаруватим пиловим лесом, і їх називають л е с о в и д н и м и. Вони трохи відрізняються складом і будовою від типового нешаруватого лесу. Лесовидні породи, як і лес, утворилися в сухі льодовикові кліматичні епохи.

Лесові відклади містять у собі різні речовини, потрібні рослинам, — калій, вапно, фосфор, амоній і навіть перегній у вигляді части-

[1] Є й інші теорії утворення лесу.



Давні печерні житла, вириті в товщах лесу в Китаї. У старому Китаї в печерних містах жила міська біднота.

нок посліду диких і свійських тварин. Пористість лесу дає змогу корінцям рослин проникати легко й глибоко в його товщу і добувати потрібні їм речовини.

Історія четвертинного періоду (див. стор. 201) переконує, що був час, коли кліматичні умови в деяких країнах на материках Землі сприяли відкладанню величезної кількості пилу, який створив товщі на кілька десятків метрів. Лес утворюється і тепер у тих країнах, де є відповідні умови: досить велика пустиня як «фабрика» пилу і по її окраїнах степи, на яких цей пил може скупчуватися. У Північному Китаї лес відкладається і тепер, хоч і не в такій кількості, як в останню льодовикову епоху.

Лес трапляється на всіх материках. Найбільша площа його на найбільшому материку — Азії, де він займає всі провінції Північного Китаю. У деяких місцях товща лесу досягає, можливо, 300—400 *м* (точно її ще не виміряно). Крім того, лес дуже поширений по всій окраїні Центральної Азії.

В СРСР найбільшу площу лес займає на Україні, де товщина його в окремих місцях досягає 30—60 *м*. Але тут він є викопним і тепер не утворюється. Цей лес відкладався в той час, коли північна половина Європейської Росії була вкрита льодовиком, з якого на південь дули холодні вітри і зносили пил, що утворювався на південній окраїні льодовика при розвіюванні піщано-мулистих відкладів післяльодовикових вод, морен і піщано-галечних відкладів льодовика. Вітри заносили цей пил на південь, де тепер розташована Україна, на сухі степи, які там розстилались. Принесення пилу припинилося, коли клімат на території Європейської Росії змінився, льодовик відступив і розтав, а пустиня, що облямовувала льодовик з півдня, зникла і поступилася місцем лісам.

Лес поширений також у Польщі, Румунії, Австрії, Угорщині, Чехословаччині, Середній Німеччині і Франції. Лес — м'яка, але цілком стійка порода. В ньому неважко вирити печеру.

Отже, ми бачимо, що діяльність вітру змінює поверхню Землі. Вітер не тільки руйнує, а й створює нові форми поверхні.

Енергія вітру ще дуже мало використовується, хоч світові запаси її великі.

ЯК МОРЕ СТВОРЮЄ І РУЙНУЄ ГІРСЬКІ ПОРОДИ

Чи бачили ви море під час сильного хвилювання, коли дме великий вітер і морські хвилі з шумом налітають на круті скелясті береги? Нестихаючий гул валів, що розбиваються на скелях, далеко розноситься по березі. Море наче кипить. Воно темне, свинцево-сіре. Спінені хвилі підхоплюють уламки гірських порід, що лежать на березі, і з силою б'ють ними об прибережні скелі. Щоб мати уявлення про силу хвиль, які особливо могутні під час штормових вітрів, досить сказати, що хвилі в середньому тиснуть з силою від 3000 до 30 000 *кГ* на 1 *см*² суші. Така сила трощить скелі й руйнує залізобетонні портові споруди.

Та ось вітер стих; заспокоюються хвилі, і морська гладінь знову набуває голубувато-синього забарвлення. Тільки поодинокі сплески прибою, що ліниво набігає на берег, порушують тишу. Всюди на березі валяються уламки порід, що їх недавно з шумом перекочували хвилі. Придивляючись до відкладів моря, ми бачимо, що вони обточені і поверхня їх відполірована, іноді навіть до блиску. Такі обкатані водою дрібні уламки порід називають г а л ь к о ю.

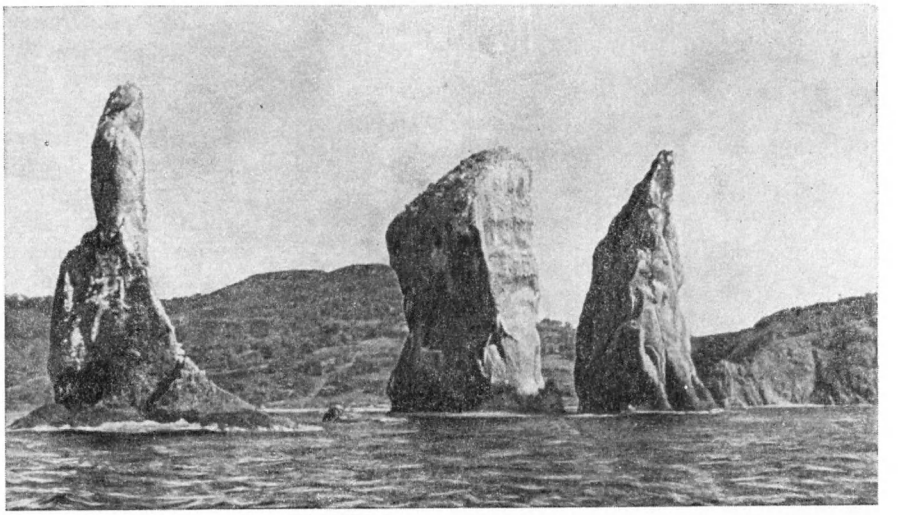
Підхоплюючи уламки, хвилі труть їх один об одного, шліфують і б'ють ними об прибережні скелі. Ця робота морських хвиль, яка триває багато тисяч і мільйонів років, приводить до руйнування скель: вони поступово підточуються в основі під ударами уламків, що їх бомбардують. Товщі порід, що лежать вище, нависають карнизом над вибитою хвилями нішею, яка стає дедалі глибшою. Втративши рівновагу, карнизи з гуркотом обвалюються вниз і стають здобиччю хвиль, які їх розбивають, обкочують і кінець кінцем перетворюють у гальку й пісок.

Напрочуд гарні скелі є, наприклад, на східному узбережжі Криму, біля Кара-Дагу. Тут з моря піднімаються кам'яні громаддя,

наскрізь пробиті і переточені хвилями. Скелі з глибокими каналами, що їх промили хвилі, можна бачити також біля берегів Австралії.

Наскрізні «ворота» трапляються біля скелястих берегів Японії, Каліфорнії, Ісландії, на Атлантичному узбережжі Франції і на інших скелястих узбережжях.

Від руйнівної діяльності хвиль скелястий берег поступово відступає, і в підніжжі скель на рівні моря утворюється прибійна площадка. Вона з часом розростається. Щоб досягти скель, хвилям доводиться пробігати дедалі більшу відстань. При цьому внаслідок тертя, яке сповільнює їхній біг, вони втрачають частину своєї енергії і, відступаючи, залишають на прибійній площадці піщинки й гальку, що їх вони захопили в прибережній смузі. Так намиваються осади піску й гальки — утворюється береговий пляж.



Берегові скелі «Три брати» біля Авачинської бухти (Камчатка). Ці скелі набули такої форми в результаті діяльності моря.

Море, що займає $^2/_3$ земної поверхні,— могутній геологічний фактор, що відкладає потужні товщі осадів.

Здавна море привертало до себе увагу вчених. Проте вивчати океанічні пучини важко й небезпечно. У спеціальних апаратах люди опускаються в товщу морської води. У 1960 р. вченим пощастило опуститися на дно найглибшої на Землі Маріанської западини в Тихому океані (11 500 *м* завглибшки). Цими щасливими сміливцями були італійський вчений Пікар-син і американський моряк Волш.

Океанічне дно досліджують лотом і глибоководними важкими сітками-тралами, які спускають у море на стальних тросах. Лотами і тралами піднімають з дна найглибших океанічних западин морських тварин і осади.

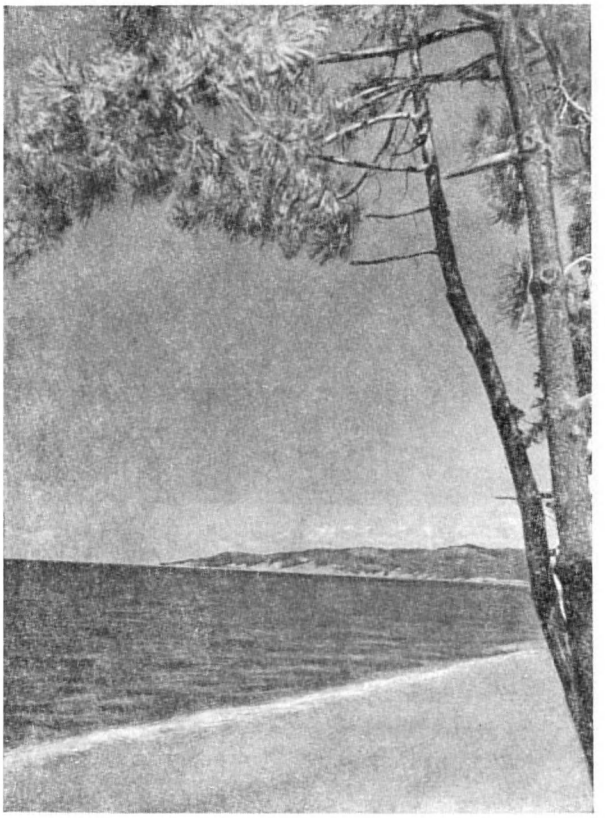
Морська фауна дуже різноманітна і багата на форми. Виявилось, що живі організми поширені від поверхневих шарів води океану до найбільших глибин.

Проте найбільше багатство і різноманітність органічного світу спостерігаються тільки до глибини 200 *м*. Сюди ще проникає світло, необхідне для життя рослин, а в тропічному і помірно теплому поясах вода добре прогрівається сонячним промінням. Кисень, необхідний для життя, потрапляє сюди не тільки з повітря, але й з достатком виділяється рослинами, що живуть у воді. Ось чому мілководна зона моря, що оперізує континенти то вужчою, то ширшою каймою, дає особливо сприятливі умови для розвитку життя.

Серед морів, що омивають береги СРСР, найбільшим багатством і різноманітністю організмів відзначаються Баренцове море, особливо Мурманське узбережжя, і мілководна частина Японського моря. Тут життя вирує. У воді плавають найрізноманітніші риби, серед яких багато промислових. Прозорі, одноклітинні водорості і корененіжки — найпростіші мікроскопічні тварини з тонкими вапняними і крем'яними скелетами — величезними масами переносяться у товщі води.

Вони служать поживою для риб та інших морських тварин. На дні водяться численні яскраво забарвлені молюски, морські зірки, морські їжаки, краби, губки і т. д. Подекуди їх стільки, що вони суцільним килимом вистилають дно моря, де росте дуже багато і водоростей. Біля берегів Курільських о-вів трапляються велетенські форми коричневих водоростей, що досягають у довжину 60 *м*.

Найбагатше й найрізноманітніше життя в теплих тропічних морях, де висока середньорічна температура. Для цих морів характерний розвиток тварин з товстими вапняними панцирами і черепашками. Після смерті орга-



Береговий пляж.

пізмів їх вапняні скелети скупчуються у величезній кількості; з часом вони цементуються вапняними солями, що випадають з морської води, і перетворюються у вапняки.

Особливо потужні відклади вапняків бувають у коралових рифах, що розвиваються в екваторіальній зоні океанів. Рифи — приклад надзвичайно багатого скупчення тварин і рослин. Основою рифової будівлі є самі рифобудівники — коралові поліпи, що мають вапнистий скелет. Це колоніальні організми. Форма колоній коралових поліпів буває дуже різноманітна: куляста, грибовидна, пластинчаста, гілчаста. Колонії коралів часто забарвлені в пурпурний, зелений і жовтий колір. Утворюються і ростуть колонії завдяки розмноженню поліпів пупкуванням. Колонії прикріплені до скелястого дна моря і наростають одна на одну.

Такі колонії найкраще ростуть на глибині 10—12 *м*. Серед них оселяються строкато забарвлені риби, яскраво-червоні морські зірки, меткі краби, пурпурні устриці, фіолетові черви і багато інших тварин.

Коралові рифи бувають різної форми. Є рифи, що ростуть біля берега; це так звані облямовуючі рифи. Вони є в Червоному морі біля Сінайського п-ва, біля берегів Флориди (Північна Америка). Ширина їх невелика, до $^1/_2$ *км* або трохи більша. Ростуть рифи з боку відкритого моря, де здіймаються могутні хвилі, які приносять з собою поживу й кисень, необхідні для життя коралових поліпів.

Коли рифові будівлі відокремлюються від берега протокою або лагуною [1], вони утворюють так званий бар'єр, як, наприклад, Великий Бар'єрний риф біля північно-східних берегів Австралії. Цей довгий риф тягнеться більш як на 2000 *км*. На рифових будівлях біля Австралії виникають піщані острови, вкриті розкішною тропічною рослинністю.

Особливо цікаві коралові споруди, що називаються кільцевими рифами, або атолами. Вони розкидані серед океанічних просторів і нерідко утворюють архіпелаги островів. Прикладом таких архіпелагів можуть бути Маршаллові і Каролінські о-ви в Тихому океані, Мальдівські — в Індійському океані.

Острови на атолі розміщуються колом, у центрі якого знаходиться лагуна. Ширина кільця островів не перевищує 1 *км*.

Атоли являють собою дуже гарне видовище: на сліпучо білому кораловому піску розкинулись гаї стрункіх пальм, бананів та хлібного дерева.

Лагуна розміром від 1 до 110 *км* у діаметрі — це своєрідне внутрішнє море із спокійними лазурно-голубими водами. Води лагуни становлять дивний контраст з вічно розбурханим відкритим океаном, де завжди бушують хвилі, що розбиваються об міцний, трохи піднятий у вигляді гребеня край рифу.

Глибше 200 *м* доступ сонячного проміння у води океану утруднений, там панують сутінки, що змінюються темрявою на глибині 500 *м*, і температура води знижується.

На глибині приблизно до 1000 *м* (і трохи глибше) збирається мул червоного або зеленувато-голубого забарвлення. Він складається з дрібнісіньких зерен різних мінералів: переважно окислів заліза, кварцу, кальциту. Висушений мул — тонкий порошок, що легко розтирається пальцями.

Ці різновидності мінерального мулу нагромаджуються не в центральних частинах океа-

[1] *Лагуна* — мілководна затока або бухта, що відокремилась від моря внаслідок утворення піщаної коси або рифу.

нів, а ближче до континентів, наприклад, біля східних берегів Південної і Північної Америки, біля берегів Західної Європи.

Головна маса мінеральних осадів у ці глибини потрапляє з верхніх шарів води, куди їх приносять ріки. Щороку ріки виносять у море величезну кількість уламків. Більші уламки осідають у мілководній смузі моря, а дрібнісінькі частинки мінералів заносяться далі від берега і там осідають на дно моря.

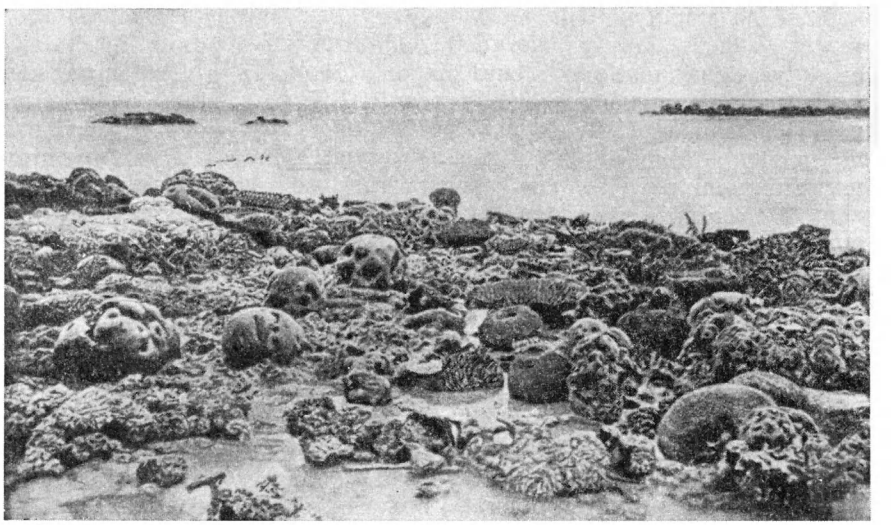
Атол, або кільцевий риф Такі коралові будівлі часто вустрічаються в океані і нерідко утворюють архіпелаги островів

У пучини центральних частин океанів майже не доходять зерна мінералів, що їх приносять ріки з континентів. Там осади нагромаджуються головним чином із скелетів планктонних організмів. Серед них трапляються найпростіші тварини — корененіжки з красивою вапняною або крем'яною черепашкою. Особливо красивої форми черепашки бувають у променяків. Вони складаються з тоніснісіньких крем'яних голочок, що переплітаються між собою і утворюють ажурну решітку. Крім мікроскопічних корененіжок, в утворенні глибоководних осадів беруть участь мікроскопічні одноклітинні діатомові водорості, що містяться в красивих крем'яних панцирах.

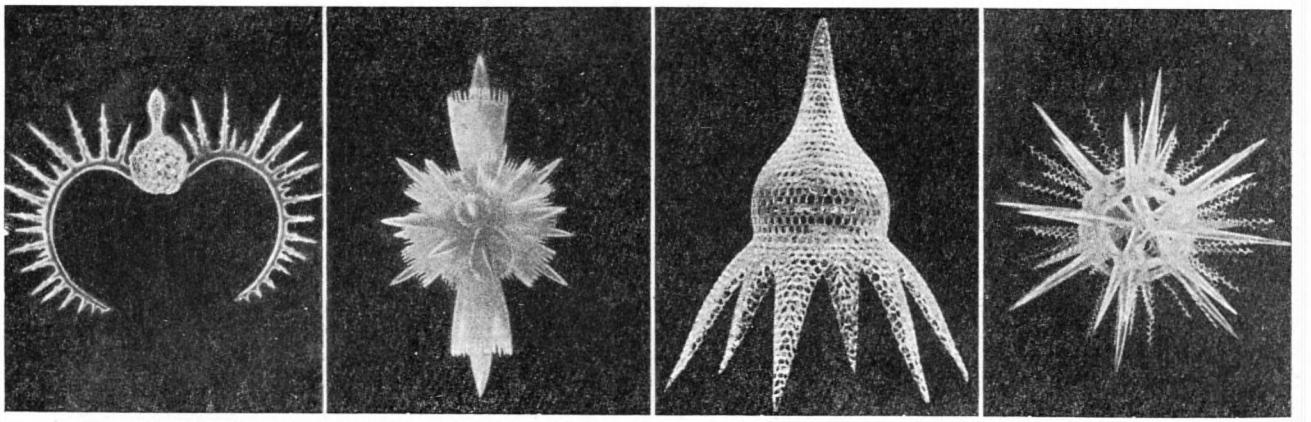
Після смерті найпростіших тварин черепашки їх повільно падають на дно. Осідають вони протягом десятків років, бо питома вага черепашок близька до питомої ваги морської води; ті з них, які не встигнуть розчинитися під час осідання. досягають дна. Нагромадження осадів з черепашок у пучинах океану триває протягом багатьох сотень, тисяч і навіть мільйонів років.

Крем'яні скелети, які важче піддаються розчиненню, проникають глибше (до 7000 і навіть 8000 *м*), ніж вапняні (до 5000, рідше — 5500 *м*). Величезні ділянки дна в центральних частинах Тихого, Атлантичного і Індійського океанів вкриті осадом, що складається з вапняних скелетів планктонних організмів. А на півночі Атлантичного океану на дні відклались крем'яні скелети променяків. В антарктичних водах на дні океанів проходить широка смуга діатомового крем'яного мулу.

На глибинах понад 8000 *м* збирається дуже цікавий осад, що називається червоною океанічною глиною. У цій пластичній глині шоколадного забарвлення знаходять іноді зуби вимерлих акул.



Кораловий риф під час відпливу.



Скелети найпростіших організмів — радіолярій — мають найрізноманітнішу форму.

Червона океанічна глина нагромаджується дуже повільно. Про це свідчить той факт, що зуби акул, які зникли приблизно 30 млн. років тому, перекриті осадом всього в 10—12 *см* завтовшки. Повільність нагромадження червоної глини зумовлюється способом її утворення. Вона виникає з вулканічного попелу, викинутого високо в атмосферу під час великих виверженъ і рознесеного повітряними течіями, з метеорного пилу і частково з пилу, що виноситься вітром у море з континентів.

Так, наприклад, пил з пустині Сахари заноситься вітрами в Атлантичний океан. Там, де вітер стихає, цей пил, як і метеорний та вулканічний, випадає з атмосфери на поверхню океану, а потім повільно опускається на його дно, де поступово нагромаджується.

Ще Чарлз Дарвін під час своєї відомої подорожі на кораблі «Бігль» звернув увагу на те, що в центральних частинах Атлантичного океану випадає пил, принесений вітром з Сахари.

Море — велетенський «склад» осадів. В утворенні морських осадів беруть участь ріки, що приносять уламки порід і мінералів з суші, самі морські хвилі, що руйнують береги, а головне — величезна кількість різноманітних організмів, що населяють моря і океани.

Є ще один вид осадів — хімічні осади, або солі (гіпс, кам'яна і калійна солі), які виникають при посиленому випаровуванні морської води в затоках і лагунах. Межі суші і моря змінюються. Море може наступати на сушу і заливати великі ділянки континентів. Наступаючи, море розмиває і вирівнює поверхню суші, вкриваючи її своїми осадами. Обриси давніх морських басейнів здебільшого не збігаються з контурами сучасних морів. Так, наприклад, під Москвою можна знайти вапняки, глини, піски з морськими черепашками, які свідчать, що мільйони років тому тут бушували морські хвилі. Моря не раз заливали територію теперішнього Підмосков'я.

Існування давніх морів установлено в багатьох місцях земної кулі. Нерідко можна бачити, як морські осади вкривають зім'яті в складки пласти — основи зруйнованих і вирівняних наступаючим морем давніх гір.

Внаслідок переміщення меж суші і моря руйнівна робота морських хвиль відіграє немалу роль у зміні рельєфу земної поверхні.

Руйнівна діяльність моря зосереджена біля його берегів і значно менша своїми розмірами, ніж його будівнича робота.

ЛЬОДОВИКИ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ В ЖИТТІ ЗЕМЛІ

На земній кулі є області, вкриті льодом і снігом, які ніколи не розтають. Ці області лежать там, де клімат холодний і вологий, зима довга й сніжна, а літо прохолодне й коротке. Сніг не встигає розтанути за літо. Рік за роком нагромаджується він у заглибинах, або улоговинах, і з часом суцільним шаром вкриває поверхню Землі. Такі області є у полярних країнах і у високогірних районах. Загальна їх площа на земній кулі тепер близько 16 млн. *км*².

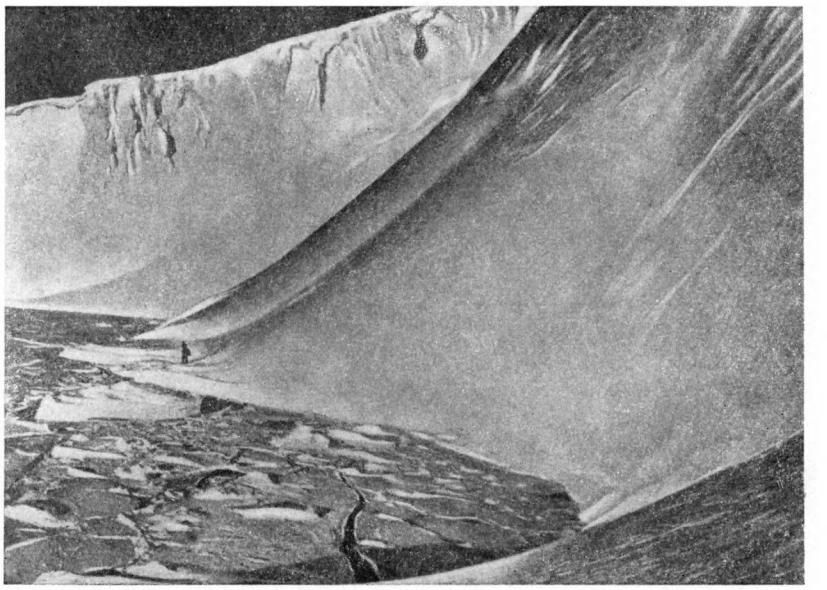
Морський прибій.

Коралові рифи.

Сніг, що збирається в улоговинах, у сонячні дні відтає, а вночі знову підмерзає. Так утворюються льодові кірочки, добре відомі лижникам під назвою н а с т у.

Частина талої води просочується всередину шару снігу і там застигає тоненькими плівками, що оточують окремі сніжинки. Кожна сніжинка, вкрита льодом, має вигляд зерна, і весь шар снігу поступово стає зернистим. Злежаний, ущільнений сніг з окремими зернятками льоду називається ф і р н о м.

Зернятка поступово збільшуються в розмірах. Нижні шари фірну все більше й більше ущільнюються і, нарешті, перетворюються в зернистий білий лід, що називається ф і р н о в и м л ь о д о м.



Льодовий бар'єр Росса.

Сніг і далі нагромаджується на поверхні; з кожним роком тиск на фірновий лід зростає, він ще більше ущільнюється. З нього виділяються бульбашки повітря, і льодові зернятка перекристалізовуються. Поступово фірновий лід перетворюється у прозорий голубуватий г л е т ч е р н и й[1] лід, що ввесь складається з льодових кристалів.

Лід має дуже цікаву особливість — пластичність. Під тиском він починає текти, як рідина, лишаючись у той же час твердим тілом, подібно до воску, сургучу, шевської смоли, сталі, олова і деяких інших речовин. Якщо покласти кусочки шевської смоли в лійку і лишити їх на кілька годин, то смола поступово почне витікати через шийку лійки. Але якщо стукнути молоточком по струминці, що витікає з лійки, вона розлетиться на дрібні осколки, бо вона тверда і крихка. Таким чином, застигла шевська смола одночасно має властивості і рідкого, і твердого тіла. Саме завдяки пластичності металів їх можна кувати і прокатувати, тягти з них дріт, штампувати.

Коли на глетчерному льоду збереться багато фірну і снігу, а тиск буде досить великий, лід почне витікати з улоговини, утворюючи льодовик.

Вчені розрізняють кілька типів льодовиків. Головні з них — м а т е р и к о в і і г і р с ь к і л ь о д о в и к и.

Материковий льодовик суцільною масою вкриває о-в Гренландію і великий південний континент Антарктиду.

На о-ві Гренландії лід має величезну товщину — понад 3 *км*.

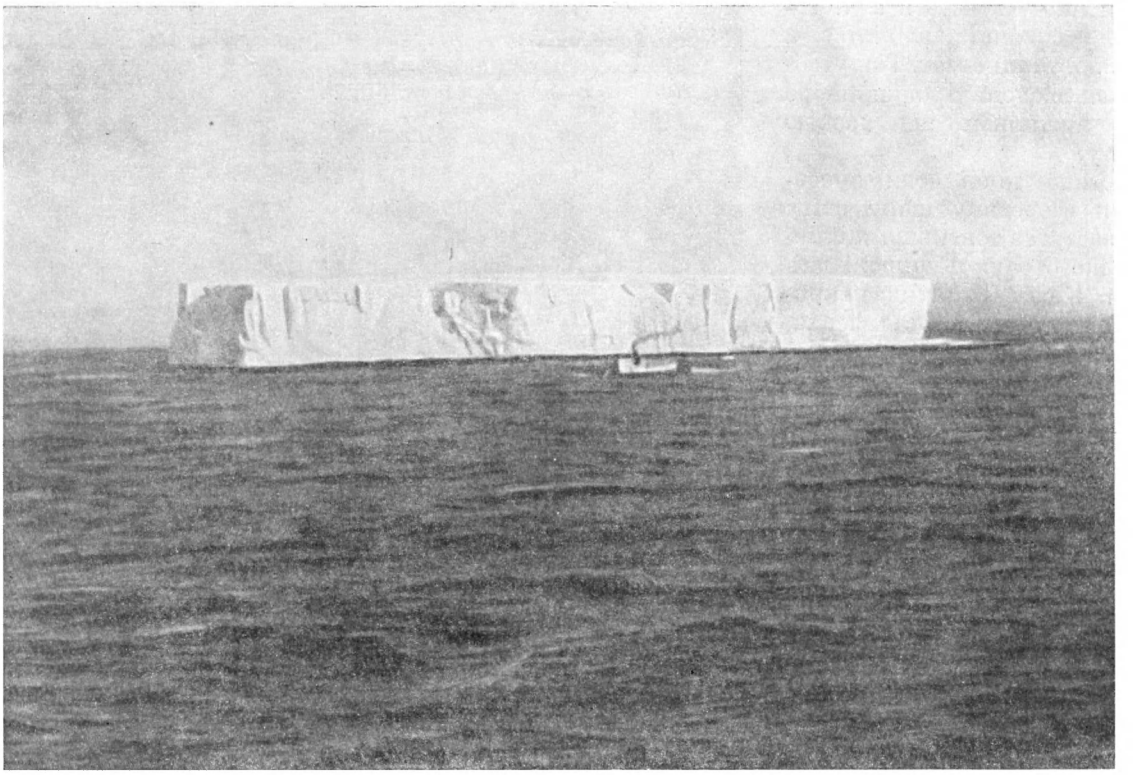
Як же могла утворитися така величезна шапка льоду?

Острів являє собою рівнину, з півночі і сходу облямовану горами. На цій рівнині є заглибини, або улоговини, в яких збирався сніг. Поступово він злежувався, ущільнювався, перетворювався у фірновий, а потім і в глетчерний лід. Коли тиск на глетчерний лід збільшувався настільки, що він набув текучості, з улоговини повільно потекли льодовики, розповзаючись у всіх напрямах, мов тісто, що переповнило каструлю. Льодовики з різних улоговин злились докупи і утворили величезний льодовий покрив великої товщини, який почав сповзати в напрямі загального похилу місцевості.

Материкові льодовики рухаються досить швидко, бо глетчерний лід має велику пластичність внаслідок його величезної ваги. Швидкість деяких льодовиків Гренландії доходить до 40 *м* за добу.

Льодовики Гренландії і Антарктиди спускаються в океан, обламуються і дають початок льодовим плавучим горам — а й с б е р г а м. Великі айсберги мають форму або примхливих скель, заввишки іноді понад 100 *м* над рівнем моря, або плавучих островів, що досягають десятків кілометрів у довжину. Іноді вони схо-

[1] *Глетчер* — по-німецькому «льодовик».



Столоподібний айсберг.

жі на величезні столи з плоским верхом, вкритим сліпучо-білим снігом. Поступово льодові острови обтаюють і набувають дивних форм, що нагадують єгипетські піраміди, арки, башти, величезні мармурові статуї, за́мки. Під сонячним промінням вони виблискують і переливаються різними відтінками синього і зеленого кольору, а коли заходить сонце, палають багровими і фіолетовими вогнями. Освітлений сонцем айсберг — видовище надзвичайної краси.

Льодова громада айсберга, що пливе у цілковитому безгомінні, іноді буває схожа на білу примару.

У 1912 р. загинув у рейсі через Атлантичний океан величезний пароплав «Титанік», зіткнувшись у тумані з айсбергом, занесеним течією у такі широти, де звичайно плавучого льоду не буває. Раніше капітанам кораблів доводилось напружено вдивлятися у млу, щоб уникнути згубної зустрічі з айсбергом. Тепер на суднах установлюють радіолокатори — прилади, що заздалегідь попереджають про небезпеку.

Мандрівникам по північних морях іноді вдавалось спостерігати цікаве явище — вибухи айсбергів, що плавають по океану. Ці вибухи вражають своєю несподіваністю і красою.

Ось велично пливе величезна білосніжна льодова скеля. Раптом повітря стрясає вибух, і скеля розлітається на дрібні уламки, що піднімаються вгору, а потім дощем падають на поверхню океану. Враження таке, ніби в айсберг влучила бомба.

Вчені встановили причину вибухів льодових гір. Справа в тому, що в свіжому снігу є дуже багато повітря, яке під час ущільнення льоду і снігу проникає всередину льодовика і поступово виходить звідти по тріщинах. Але якщо тріщин немає, то повітря може скупчитися в якійсь пустоті або в камері всередині льоду. Там воно перебуває під великим тиском. В міру ущільнення льоду тиск зростає. Під час танення льодовика камера із стисненим повітрям може враз розкритися, від чого тиск в ній зразу різко знизиться, повітря швидко розшириться і станеться справжній вибух. Якщо жаркого сонячного дня ходити по поверхні льодовика, то можна почути звуки, схожі на хруст. Вони доносяться звідкись з-під ніг, з внутрішніх частин льодовика.

Люди довго не могли зрозуміти походження

Трог — долина, вирана льодовиком, має коритоподібну форму (Нова Зеландія).

цього хрусту і пов'язували з ним різні легенди про гірських духів, а насправді це вибухають всередині льодовика маленькі камери із стисненим повітрям.

Гірські льодовики беруть початок з улоговин, що лежать на схилах високих гір, вище від межі вічного снігу. Вони течуть униз ущелинами і долинами. На своєму шляху лід розширює і обточує схили долини, від чого вона поступово набирає характерної форми корита; тому льодовикову долину називають т р о г о м, що по-норвезькому означає «корито». Якщо дивитися на гірський льодовик зверху, то він схожий на широку ріку, що раптово припинила свій рух.

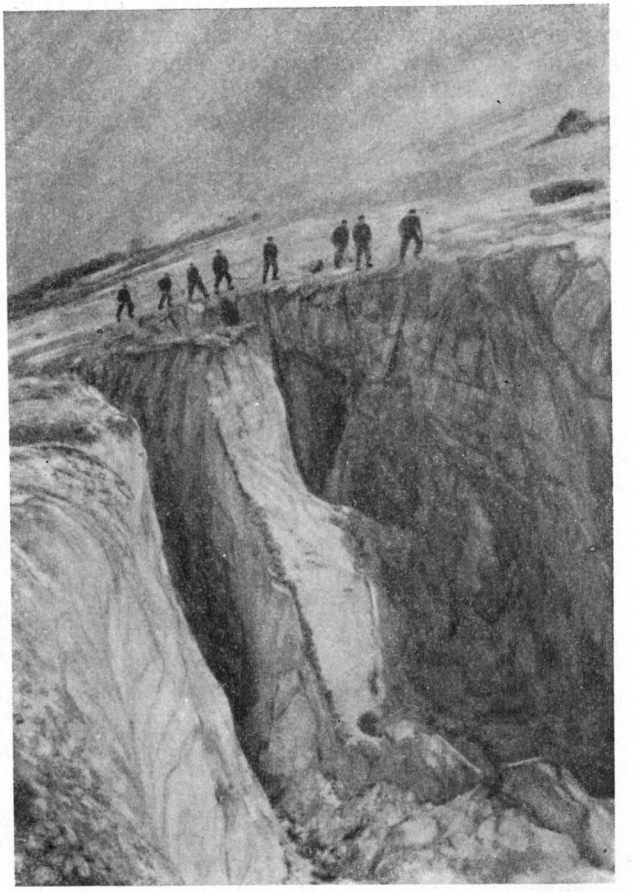
Товщина льоду в гірських льодовиках обчислюється кількома сотнями метрів, а швидкість руху дуже мала. Одного разу група вчених, що вивчала гірські льодовики, вирубала собі в льоду під величезним валуном цілу квартиру — кімнату і кухню, яку вони називали своїм готелем. Валун разом з «готелем» за два роки пересунувся всього на 146 *м* за течією льодовика. Деякі льодовики пересуваються ще повільніше. Так, наприклад, льодовики Кавказу мають швидкість не більш як 35—45 *м* за рік. Зате великі льодовики Паміру і Тянь-Шаню, що мають у довжину до 80 *км*, рухаються з швидкістю до 1200 *м* за рік.

Гірські ріки часто утворюють пороги і водоспади, бо уздовж їх русла є уступи, схожі на круті східці. Льодовик, стікаючи по таких уступах, утворює л ь о д о с п а д и. Лід не такий пластичний, як шевська смола або віск, тому в місцях льодоспадів льодовик розколюється глибокими поперечними тріщинами і розпадається на окремі брили, що при таненні набувають вигадливих форм. Глибокі тріщини утворюються і на поверхні льодовика, по краях його, де рух льоду уповільнюється тертям об береги долини. Тріщини льодовика дуже небезпечні для альпіністів, особливо якщо їх заніс свіжий сніг. Деякі тріщини пересікають усю товщу льоду, досягаючи іноді 250 *м* глибини.

Гірські льодовики кінчаються там, де є досить сонячного тепла, щоб розтопити весь припливаючий лід. У кінці льодовика з-під нього витікає бурхлива гірська річка, що живиться талими водами льодовика.

Багато великих рік Кавказу і Середньої Азії — Терек, Кура, Ріоні, Сир-Дар'я, Аму-Дар'я та ін.— починаються з-під льодовиків.

Особливо багатоводними ці ріки бувають у жаркі літні місяці під час посиленого танення льоду.



Тріщини на льодовику Гіссарського хребта. На льоду — альпіністи Узбекистану.

Льодовик тисне на поверхню землі своєю величезною вагою. Під час руху він виконує велику руйнівну роботу. Уламки, що впали на його поверхню, а іноді і величезні брили скель рухаються разом з ним. Такі скупчення уламків гірських порід на поверхні льодовика, всередині його льодової маси або під льодом називають мореною.

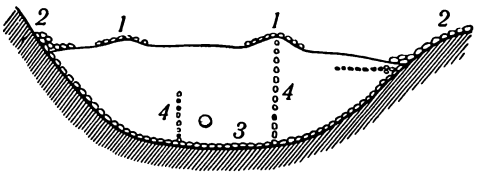
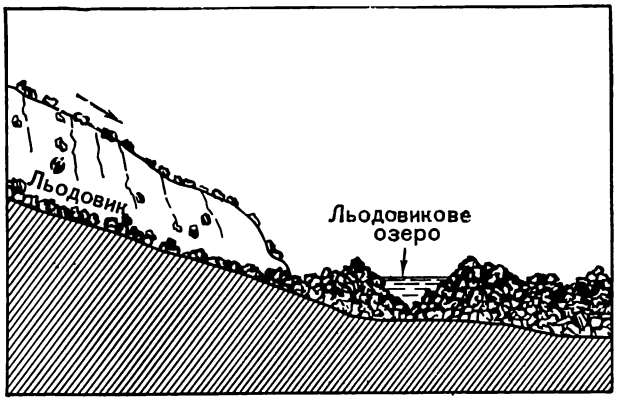


Схема розміщення морен:

1 — серединна морена; *2* — бічна морена; *3* — донна морена; *4* — внутрішня морена.



Розріз через кінець льодовика і кінцеву морену (схема).

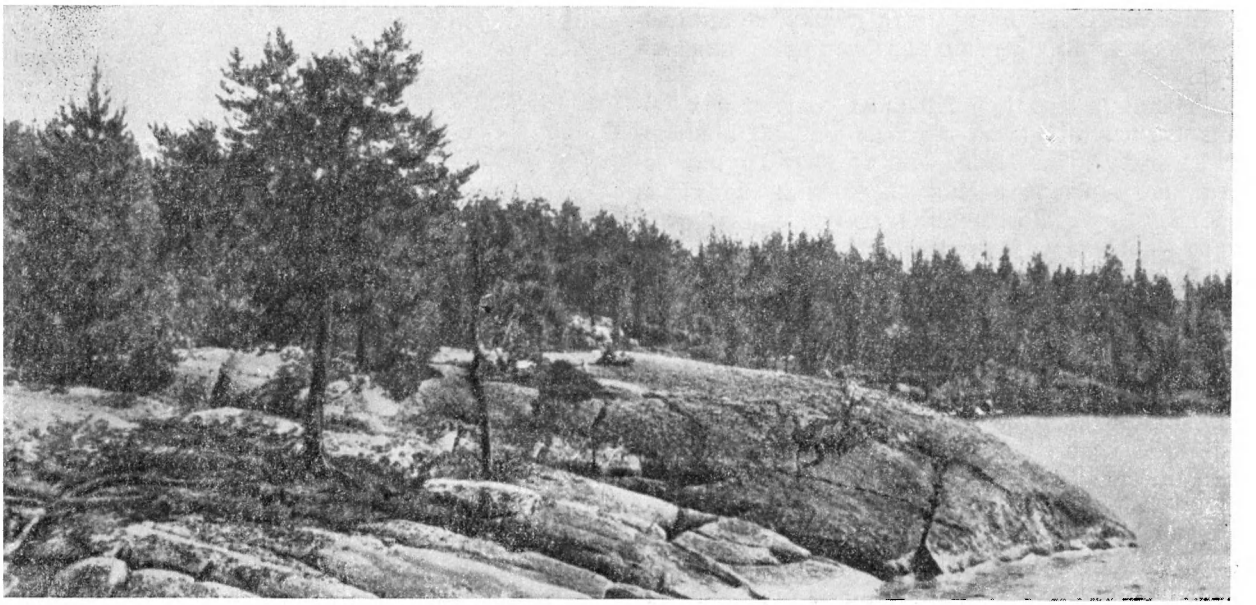
Розрізняють морени донні, бічні, серединні, внутрішні і кінцеві.

Валуни морени, особливо донної, часто бувають укриті подряпинами — слідами руху льодовика по твердих породах. В одних випадках льодовик відриває шматки від скель, в інших він шліфує і збирає уламки, що трапляються на його шляху.

Морена утворюється і на поверхні льодовика, бо навколишні гори вивітрюються, уламки їх падають на льодовик і вздовж його країв виникають ніби вали. Це так звані бічні морени.

Якщо два долинних льодовики з'єднуються в один, то дві бічні морени утворюють одну серединну морену; за кількістю серединних морен можна визначити, із скількох льодовикових потоків утворився цей льодовик.

У тому місці, де льодовик тане, принесені ним уламки нагромаджуються у вигляді валу напівкруглої форми, який називається кінцевою мореною. Висота цього валу іноді буває значна.



Баранячий лоб.

Отже, льодовики захопленими уламками згладжують і руйнують гірські породи, переносять уламки і відкладають їх у місцях танення. Велику роботу виконують і струмки, що витікають з-під льодовиків. Вони виносять матеріал морени і відкладають його у своєму руслі.

Відклади льоду завжди можна відрізнити від осадів текучої води: льодовикові морени не шаруваті, і в них уламковий матеріал не сортується, тоді як талі води льодовика, перемиваючи морену, відкладають відсортовані шари галечників і пісків.

Тепер материкові льодовики не дуже поширені, крім Гренландії і Антарктиди, укритих величезним льодовим щитом, але приблизно півмільйона років тому в Північній півкулі величезні льодовикові маси вкривали Північну Америку, Європу і Азію.

Середня товщина льодовикового покриву Європи, як гадають учені, досягала 1000 *м*. До цього у Північній півкулі клімат був м'який і теплий. На території Європи, наприклад, жили такі південні тварини, як страус, бегемот, величезний слон — мастодонт, лев, гієна і т. д. Але ось з похолоданням клімату на Скандінавському п-ві утворився льодовик, що поширився на значну частину Європи. Льодовики доходили на півдні до Карпат, до місця, де тепер м. Дніпропетровськ. Поступово південні тварини вимерли. Замість них появились тварини полярного клімату: північні олені, вкриті густою шерстю мамонти, волосаті носороги, вовки, песці і бурі ведмеді. Ці тварини широко розселились під кінець льодовикової епохи. Рештки їх учені знаходять навіть у Криму, де за тих часів клімат був холодним.

Давні льодовики, відступаючи, лишали морени на величезній території континентів. По цих характерних відкладах льоду ми й дізнаємося про межі поширення льодовикових покривів.

Льодовик Федченка.

Коли льодовик зустрічав на своєму шляху тверді кам'яні породи, він обробляв їх, згладжував, округляв, відполіровував. Так утворювались **кучеряві скелі** і **баранячі лоби**. Вивчаючи сліди діяльності льодовика і залишені ним морени, можна встановити, звідки насувався льодовик. Так, наприклад, на півдні СРСР серед морени є валуни таких порід, які можна побачити тільки на Скандінавському п-ві. Звідси вчені зробили висновок, що льодовик ніс ці валуни через усю територію Руської рівнини від Скандінавського п-ва до Дніпра і Дону. На Західний Сибір льодовик насувався з Північного Уралу і Нової

Землі та з п-ва Таймир. У Північній Америці утворились три величезних льодовики, що розвинулися в північній частині Кордільєр і на п-ві Лабрадор. При швидкості руху близько 30 *м* на добу льодовикові потрібно було всього 200 років, щоб укрити майже всю Європу і дійти до території Дніпропетровської і Сталінградської областей. Наука встановила повторність зледенінь, які бували не тільки у четвертинний час (в Європі чотири рази), але й у найдавніші епохи історії Землі.

Льодовики вивчає наука г л я ц і о л о г і я. Десятки учених-гляціологів щороку виїжджають у гірські області і на далеку північ для дослідження льодовиків. Вони вимірюють їх швидкість, товщину, довжину, описують склад фірну, морени, штрихи і подряпини на валунах, льодовикові долини і т. д. Їх робота на великих висотах і в зоні розвитку тріщин часто буває небезпечною для життя. Гляціологи повинні бути не тільки вченими, але й альпіністами. Тепер вивчення льодовиків Паміру і Тянь-Шаню набуває особливо важливого значення в зв'язку з великими іригаційними роботами, які провадяться в піщаних пустинях Середньої Азії. Адже льодовики — це ніби склади, де нагромаджується і зберігається волога. З-під льодовиків беруть свій початок середньоазіатські ріки, води яких відводяться каналами на поля. Повноводність цих рік в значній мірі залежить від кількості снігу, що випав у горах, від того, довшає чи коротшає льодовик. Отже, вивчення льодовиків має велике практичне значення. В останні роки радянські вчені проводять велику роботу, зв'язану з вивченням зледеніння Антарктиди (див. том 1 «ДЕ»).

У лабораторії природи

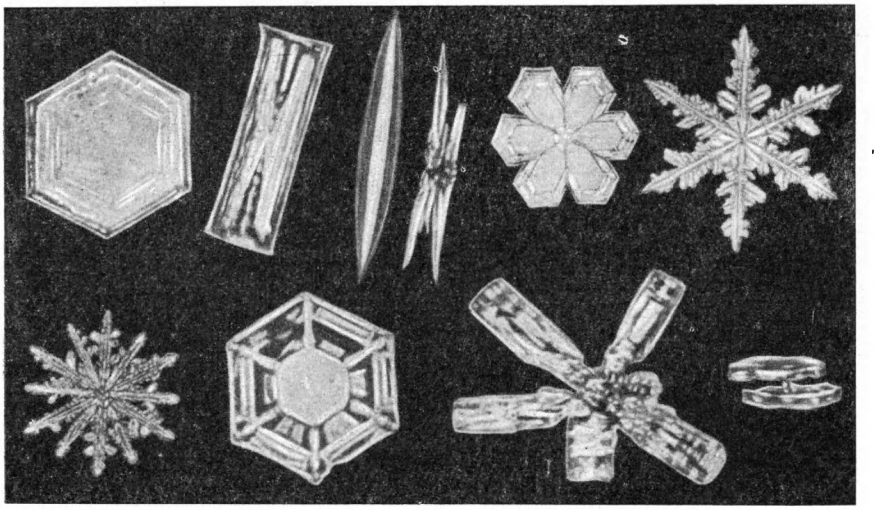
У СВІТІ КРИСТАЛІВ

Нерідко в землі знаходять камені такої форми, ніби їх хтось навмисно вирізав, відшліфував і відполірував. Правильна форма цих многогранників, бездоганна площина їх гладеньких, блискучих граней вражає нас. Такі камені з природною, тобто зробленою не руками людини, многогранною формою називають кристалами[1]. Кристали льоду і снігу — зірочки сніжинок,— а також кристали прозорого кварцу — гірського кришталю — ще з незапам'ятних часів привертали до себе увагу людей.

Кристали дуже різноманітні і розміром, і формою. Одні з них маленькі, вузькі, гострі, як голки; інші — як стовпи, досягають кількох метрів у довжину; бувають кристали у вигляді пелюсток, тонших від аркуша паперу, й у вигляді пластів з метр завтовшки.

Раніше кристали вважали рідкістю, «грою природи», і люди зовсім не знали їх будови. А коли винайшли лупу і мікроскоп, новий світ розкрився перед людьми. Подивіться в лупу на свіжий злом граніту, мармуру, пісковика. Ці породи теж складаються з кристалів, але вони дуже дрібні і щільно прилягають один до одного. У граніті навіть без лупи легко розрізнити пластинки слюди, зерна кварцу і польового шпату. Пісковик складається з обкатаних

[1] Назва «кристал» походить від грецького слова «кристалос» — лід, гірський кришталь.



Кристали сніжинок.

кристалічних зерен кварцу, а мармур — з кристаликів кальциту. В деяких породах кристалики такі дрібні, що їх видно тільки в мікроскоп. Майже всі мінерали мають кристалічну будову, і більшість гірських порід складається з кристалів різних мінералів.

Усі метали складені з кристалів. У цьому можна переконатися, якщо подивитися в лупу або мікроскоп на свіжий злом металу.

Нерідко кристалики мінералу або металу такі дрібні, що їх не видно навіть і в мікроскоп; щоб виявити їх, користуються рентгенівським промінням. Це чудове проміння, що проникає крізь предмети, не проникні для звичайного світла, відкрило багато дивного.

Виявилось, що з кристалів складаються не тільки майже всі мінерали, але також і багато інших тіл, про які нікому і на думку не спадало, що вони можуть бути кристалами. У глині, каучуку, в сажі, кістках, волоссі, волокнах шерсті, шовку, целюлози знайшли найдрібніші зерна кристалічної будови, які не можна побачити навіть у мікроскоп.

Ми живемо у світі кристалів. Наші будинки і міста збудовані з каменю і металу, тобто в основному з кристалів. Літаки, мости, рейки, паровози, пароплави, верстати, трактори, автомобілі, дахи будинків, інструменти, цвяхи, ножі і багато інших речей теж зроблено з кристалічних металів.

Ми щодня їмо кристали. Цукор, сіль — це теж кристали; їх легко розрізнити навіть неозброєним оком.

Кухонну сіль ми звикли вживати у вигляді дрібного кристалічного порошку, а в природі вона трапляється і у великих кристалах, навіть у величезних кристалічних брилах.

Якось у пустині Сахарі знайшли руїни стародавнього міста, в якому всі будівлі були складені... з брил кам'яної солі! У цій місцевості нічого не було, крім піску і солі. З піску будинок не збудуєш, от і довелось будувати з кристалів солі. У нас таке місто розтало б першого ж дощового дня. Але в Сахарі дощів майже не буває, і тому соляне місто простояло там кілька століть.

Деякі живі організми — справжні «фабрики» кристалів: корали, наприклад, утворюють цілі острови, складені з найдрібніших кристалів кальциту.

Немає такого місця на Землі, де б не було кристалів. І не тільки на Землі! З міжпланетного простору іноді прилітають до нас осколки небесних тіл — метеорити. Виявилось, що їх будова нічим не відрізняється від будови наших земних мінералів та гірських порід: вони теж складаються з кристалів.

БУДОВА І ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІВ

Що ж таке кристали? Як відрізнити кристали від некристалічних твердих тіл? Може, за многогранною формою? Але у кристалічних зерен у металі або в гірській породі форма неправильна; а з другого боку, скло, наприклад, теж може бути многогранним — хто не бачив гранчастих скляних бус? Проте ми говоримо що скло — некристалічна речовина. Чому?

Передусім тому, що кристали самі, без допомоги людини, набувають своєї многогранної форми, а скло огранює тільки рука людини.

Усі речовини в світі побудовані з найдрібніших частинок, яких не побачиш оком і які безперервно рухаються,— з іонів, атомів, молекул.

Основна ж відмінність між кристалами і стеклами — в їх внутрішній будові, в тому, як розміщені в них найдрібніші частинки речовини — молекули, атоми та іони. У газоподібних тілах, рідинах і некристалічних твердих тілах, наприклад, у склі, найдрібніші частинки речовини розміщені зовсім безладно. А в твердих кристалічних тілах частинки розміщені ніби

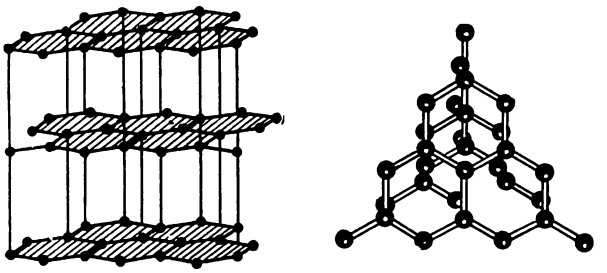
Різні форми кристалів

1 — вісмут (скелетний ріст); *2* — гідроборацит; *3* — дендрити міді; *4* — кристали льоду на склі; *5* — гематит; *6* — турмалін; *7* — срібло; *8* — арагоніт; *9* — аметисти.

Різні форми кристалів

1 — берил; *2* — гірський кришталь; *3* — амазоніт; *4* — мікроклин; *5* — топаз; *6* — альмандин; *7* — гросуляр; *8* — флюорит; *9* — антимоніт; *10* — пірит; *11* — золото; *12* — два кристали епідоту.

правильним строєм. Вони нагадують групу фізкультурників у строю, з тією, однак, різницею, що правильні ряди частинок тягнуться не тільки вправо і вліво, вперед і назад, але й угору і вниз. Крім того, частинки не стоять нерухомо,

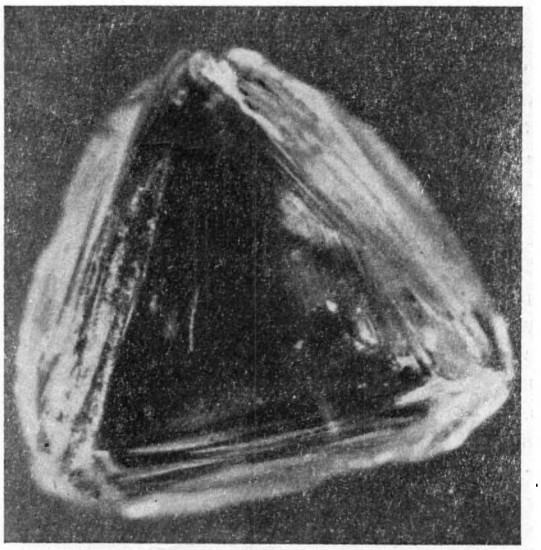


Кристалічні гратки графіту (ліворуч) і алмазу (праворуч).

а безперервно коливаються, удержуючись на своїх місцях електричними силами. Відстані між частинками всередині кристалів малі, так само як і малі й самі атоми: на відрізку в 1 *см* завдовжки можна розмістити 100 млн. атомів. Це дуже велика кількість: уявіть собі, що 100 млн. чоловік вишикувались у шеренгу плече в плече. Така шеренга могла б оперезати Землю по екватору.

Правильний стрій частинок у кожній речовині різний, тому такі різноманітні і форми кристалів. Але у всіх кристалів атоми або молекули обов'язково розміщені в строго певному порядку, а у некристалічних тіл такого порядку немає. Тому ми й кажемо: кристали — це тверді тіла, в яких частинки, що їх складають, розміщені правильним строєм.

Закони побудови всіх кристалів теоретично вивели великий російський кристалограф Євграф Степанович Федоров (1853—1919) і німецький кристалограф Артур Шенфліс. Дуже цікаво, що Федоров зробив це за 20 років до того, як у 1912 р. на досліді з допомогою рентгенівського проміння було доведено, що дійсно атоми в кристалах розміщуються правильним строєм і що закони їх розміщення саме такі, як геніально передбачив російський учений.



Кристал алмазу, знайдений в Якутії (збільшено в 22 рази).

Правильне періодичне розміщення атомів (або інших частинок) у кристалі називається кристалічною граткою.

Кожний кристал має свою характерну многогранну форму, яка залежить від будови його гратки. Наприклад, кристали кухонної солі мають звичайно форму куба, інші речовини кристалізуються в формі різних пірамід, призм, восьмигранників (октаедрів) та інших многогранників.

Проте в природі такі правильні форми кристалів трапляються рідко, про це ви прочитаєте далі.

Некристалічні речовини не мають власної форми, бо частинки, з яких вони складаються, розміщені, як уже говорилось вище, хаотично, безладно.

Правильне розміщення частинок визначає і властивості кристалу. Чи не дивно, наприклад, що два такі відмінні один від одного мінерали, як непоказний чорний графіт і блискотливий прозорий алмаз, побудовані з тих самих атомів вуглецю! Алмаз і графіт — це кристали вуглецю. Якщо кристалічні гратки з атомів вуглецю побудовані за одним зразком, то вони утворюють прозорі кристали алмазу, найтвердішого з усіх речовин на Землі і найдорожчого з дорогоцінних каменів. А якщо ті самі атоми вуглецю розміщуються інакше, то виходять дрібні, чорні, непрозорі кристали графіту — одного з найм'якших мінералів. Алмаз майже вдвоє важчий за графіт. Графіт проводить електрику, а алмаз не проводить. Кристали алмазу крихкі, кристали графіту гнучкі. Алмаз легко згоряє в струмині кисню, а з графіту навіть роблять вогнетривкий посуд — так він добре протистоїть вогню. Дві зовсім різні речовини, а побудовані з тих самих атомів, і відмінність між ними тільки в їх різній структурі.

Ми вже сказали, що внутрішньою будовою кристалів визначаються і дивні властивості кристалів. Наприклад, гратка графіту складається ніби з шарів, причому відстані між цими шарами набагато більші, ніж відстані

між окремими атомами всередині кожного шару.

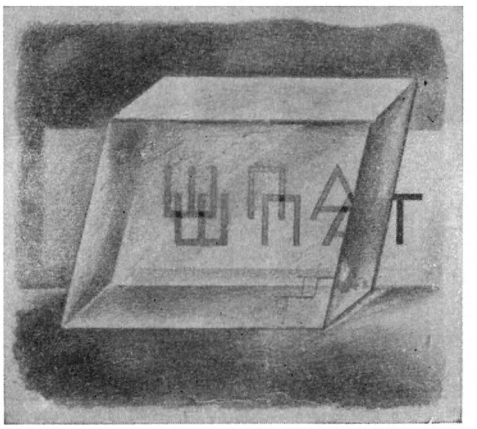
Такі шари порівняно легко зрушуються, ковзають один уздовж одного. Саме цією властивістю ми користуємося, коли пишемо графітовим олівцем: шари кристалів графіту зрушуються, і лусочки графіту пристають до паперу. Тільки, звичайно, кожна така лусочка — це не один, а дуже багато шарів. Адже відстань між шарами атомів вимірюється стомільйонними частками сантиметра, а лусочки графіту, що пристали до паперу, видно простим оком.

Будова алмазу зовсім інша, ніж графіту; тут немає шарів, які легко зрушуються, і алмаз багато міцніший за графіт.

Кожний знає кристали слюди; якщо ви не бачили окремих кристалів слюди, то вже напевне зустрічали блискітки слюди в граніті або хоч би слюдяні пластинки у віконцях керосинок. Слюду легко розщепити ножем або просто пальцями: листочки слюди відділяються один від одного майже без зусилля. Але спробуйте розділити, розрізати або розбити слюду впоперек площини пластинки. Це дуже важко: слюда, не міцна вздовж площини листка, у поперечному напрямі набагато міцніша. Міцність кристалів слюди в різних напрямах різна.

Ця властивість знов-таки характерна для кристалів Ми знаємо, що скло, наприклад, легко розбивається як завгодно, в усіх напрямах, на неправильні осколки. А от кристал кам'яної солі, хоч би як дрібно його розбивати, завжди залишиться кубом, тобто він весь час легко розколюється тільки по взаємно перпендикулярних, цілком плоских гранях.

Кристал розколюється у тих напрямах, де міцність найменша. Не в кожного кристала це виявляється так ясно, як у слюди або кам'яної солі,— наприклад, кварц не розколюється по рівних площинах, — але у всіх кристалів міцність у різних напрямах різна. У кам'яної солі, наприклад, в одному напрямі міцність у 8 раз більша, ніж у другому, а в кристалів цинку — у 10 раз. За цією ознакою можна відрізнити кристали від некристалів: у некристалічних тілах міцність однакова в усіх напрямах, тому вони ніколи не розколюються по рівних площинах.



Кристал ісландського шпату.

Якщо нагрівати будь-яке тіло, воно почне розширятись. І тут легко побачити відмінність між речовинами кристалічними і некристалічними: скло розширятиметься в усіх напрямах однаково, а кристал — у різних напрямах порізному. Кристал кварцу, наприклад, розширяється у поздовжньому напрямі вдвоє більше, ніж у поперечному. Твердість, теплопровідність, електричні та інші властивості кристалів теж різні у різних напрямах.

Особливо цікаві оптичні властивості кристалів. Предмети, що розглядаються крізь кристали ісландського шпату, здаються подвоєними. У кристалі ісландського шпату (і в багатьох інших кристалах) промінь світла роздвоюється. І ця властивість теж різна в різних напрямах: коли повертати кристал, то букви роздвоюватимуться то більше, то менше.

Своєю формою кристали різних речовин дуже різняться. Для кристалів кам'яної солі, як ви вже знаєте, типовою є форма кубів, для берилу — призма з пірамідами, для алмазу — восьмигранники з трикутними гранями, так звані октаедри. У кожної речовини є своя характерна форма кристалів.

Форми кристалічних многогранників вражають своєю строгою симетрією. Симетричними ми називаємо тіла, які складаються з однакових, пропорціональних частин. Симетричний, наприклад, метелик: права і ліва частини тулуба у нього однакові; якщо метелик складе крила, вони сумістяться.

У кристалах симетричні площини-грані, що їх обмежовують, ребра і кути, що утворюють вершини кристалічних многогранників.

Симетрія кристалів — важлива і характерна їх властивість. За формою кристалів за їх симетрією визначають кристалічну речовину.

КРИСТАЛИ РОСТУТЬ

Як утворюються кристали?

Коли випаровується («висихає») солона вода в каструлі або солодкий чай у склянці, на стінках каструлі або на дні склянки лишається білий наліт. У лупу можна розглядіти в ньому дрібні блискучі кристали солі або цукру.

Якщо повільно випаровувати розчин галуну або

мідного купоросу, то через кілька днів з розчину виростуть досить великі кристали.

Неважко зробити дослід вирощування кристалів з розплаву. Насипте у скляну колбу білого порошку водного гіпосульфіту натрію (фіксажу), який можна купити у магазині фотографічного приладдя. Обережно нагрійте колбу. Гіпосульфіт розплавиться і перетвориться у рідину. Заткніть колбу ватою і швидко остудіть її під струминою холодної води. Якщо колбу не трясти, гіпосульфіт остигатиме, не кристалізуючись. Коли він зовсім охолоне, киньте в колбу крупинку твердого гіпосульфіту. Ця крупинка почне швидко рости, від неї витягнуться голки, промені, пелюстки; такі самі голки, пластинки, зірки, многогранники виникнуть і в інших місцях колби. Вони швидко ростимуть у всі сторони, стикатимуться один з одним, і через кілька хвилин уся рідина затвердне. Ці зірочки і многогранники — кристали гіпосульфіту, що виросли з розплаву.

Візерункова шестипроменева зірочка сніжинки вражає своєю симетрією.

Кристали можуть утворитися і з пари. У морозному повітрі пара, яку видихає людина, осідає білими пластівцями. Вони являють собою скупчення дрібних кристалів снігу або льоду, що утворилися і виросли на морозі з водяної пари. Іній — це теж закристалізована водяна пара. Хмари, що ми їх бачимо на небі,— це теж скупчення водяних крапель або кристаликів снігу; а кристалики снігу виростають або з цих крапель, або з водяної пари, яка є в атмосфері.

Обледеніння літаків в арктичних польотах— це теж процес росту кристалів. У холодних верхніх шарах атмосфери водяна пара може довго зберігатися, не кристалізуючись, але як тільки в цю пару вріжеться літак, зараз же почнуть швидко рости льодові кристали, і за кілька хвилин літак буде обліплений купою кристалів льоду.

Швидкість росту кристала у різних напрямах різна, так само як різні всі інші властивості кристалів. У цьому легко переконатися на досліді. Якщо обламати у кристала всі ріжки, обточити грані або виточити з кристала кульку і покласти її в остигаючий розчин або розплав тієї самої речовини, кристал почне рости. Якби швидкість росту кристала не залежала від напряму, то кулька, виростаючи, збільшувала б свій об'єм, не змінюючи форми. Кристал і тепер залишався б кулькою. Але дослід показує, що це не так. На зростаючій кристалічній кульці утворюються малюсінькі плоскі плямочки — рівні площадки граней; в одних напрямах кристал росте, в інших він може розчинятись. Поступово збільшуючись, розширяючись, грані зустрічаються одна з одною, і кінець кінцем вся куля перетвориться у многогранник; при цьому різні грані ростуть з різною швидкістю, через що і виникають різні форми кристалів.

Таким чином, кристал, позбавлений своєї многогранної форми, не втрачає здатності самоогранюватись. Многогранна форма кристала залежить від того, що кристал росте нерівномірно, з різною швидкістю в різних напрямах.

Отже, кристали ростуть. І цікаво, що вони завжди ростуть у вигляді правильних симетричних многогранників, якщо тільки їм ніщо не заважає під час росту. Як же ростуть кристали у природі?

У глибинах нашої планети є магма, тобто складний розчин-розплав безлічі різних речовин, який дає при остиганні різні мінерали з різною кристалічною будовою.

Чому ж з однорідної магми утворюються різні мінерали? Кожна хімічна речовина твердне або плавиться при певній температурі. Наприклад, якщо ви нагріватимете кристал льоду, то до 0° кристал лишається незмінним. А як тільки температура доходить до 0°, кристал враз почне плавитися, причому, хоч би скільки ми гріли далі, температура льоду не підвищуватиметься, поки весь кристал не розплавиться. Тільки коли весь кристал перетвориться у воду, її температура почне підвищуватися. А якщо ми охолоджуватимемо воду, то точно при 0° рідина закристалізується, і її температура буде незмінною, поки вся вода не перетвориться в лід, після чого температура почне знижуватися.

Так само і кожна кристалічна речовина плавиться і кристалізується при строго певній температурі, характерній для неї, наприклад, для кварцу 1713° і т. д.

У некристалічних тіл немає сталої температури плавлення (а отже, і температури кристалізації), при нагріванні вони розм'якшуються поступово. У склі вже й до нагрівання всі атоми розміщені безладно. При охолодженні розплавлене скло стає дедалі в'язкішим і застигає поступово.

Кристалічна ж речовина твердне зразу при певній температурі кристалізації.

Коли в глибинах землі магма поступово застигає, хімічні речовини, що входять до її складу, тверднуть не всі зразу, а по черзі, бо

Кристал кварцу в Мінералогічному музеї Академії наук СРСР.

температура кристалізації їх різна. Тому магма розпадається на різнорідні мінерали, які майже завжди складаються з кристалів.

Ми говорили, що кристали завжди ростуть у формі правильних многогранників, якщо під час росту їм ніщо не заважає. Але якщо багато кристалів росте разом, то, збільшуючись, вони починають стикатися, тіснити один одного. Якщо кристал зіткнувся з сусіднім кристалом, далі в цю сторону він вже рости не може, а в інші сторони ще ростиме, поки знову не натрапить на перепону. В результаті кристал виростає в одні сторони більше, ніж в інші: виходять неправильні многогранники, безформні зерна. Ось чому у гірських породах або у твердих металах кристалічні «зерна» мають звичайно неправильні обриси. Окремі кристалики добре видно в мікроскоп і навіть неозброєним оком, але правильних многогранників серед них дуже мало, а частіше і зовсім немає.

Але чому ж ми все-таки кажемо, що характерною властивістю кристалів є їх многогранна форма?

Тому, що коли б це саме кристалічне зерно росло не в тісноті, а так, щоб йому ніщо не заважало, то воно набрало б форми правильного многогранника. Неправильна форма — це вимушена форма кристала. Кристалові не вдалось вирости многогранним через те, що сусідні кристали не давали йому рости вільно.

Кристали, що ростуть у великих пустотах і тріщинах у землі, не тиснуть один одного: саме там утворюються чудові величезні многогранники гірського кришталю, берилу, польових шпатів та інших мінералів.

У таких «кришталевих погребах» Північного Уралу знайшли, наприклад, кристали гірського кришталю ідеально правильної форми вагою до 500 *кГ*. А влітку 1945 р. на Волині знайшли кристал кварцу вагою близько 10 *Т*. Його довжина 2,7 *м*, ширина 1,5 *м*.

У музеї Гірничого інституту в Ленінграді зберігається кристал гірського кришталю майже з метр заввишки; він довгий час правив за тумбу біля воріт одного з будинків м. Свердловська. На Алтаї знайдено кристал берилу 1,3 *м* завдовжки.

Озера й моря — це природні лабораторії, в яких кристали ростуть з розчину. На Південному Уралі, в Донбасі, Західному Сибіру, Закавказзі, Середній Азії є багато соляних озер, у воді яких розчинено безліч солей. Влітку, коли під палючим сонячним промінням вода озер швидко випаровується, з розчину починають виділятись кристали солі зовсім так само, як осідає соляний накип на дні і стінках каструлі.

Ці кристали плавають на поверхні озера, відкладаються на берегах, осідають на дно. Так в результаті кристалізації з розчину виникають родовища солей.

ВИРОЩУВАННЯ КРИСТАЛІВ

У лабораторіях кристали вирощують з розчинів, з розплавів, з пари і з твердих речовин. Для цього є багато різних способів, складних приладів і установок. Великі дуже однорідні і чисті кристали ростуть іноді місяцями.

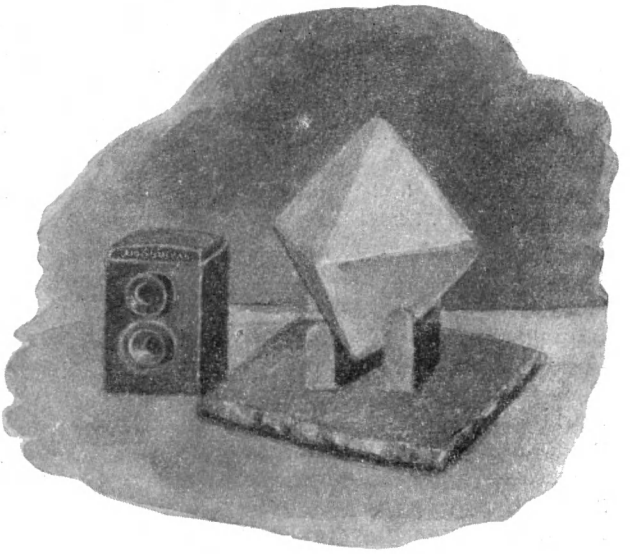
Штучні кристали нічим не відрізняються за своїми властивостями від природних кристалів. У спеціально обладнаних лабораторіях — справжніх фабриках кристалів — вирощують, наприклад, великі цілком чисті кристали винокислого калію-натрію (сегнетової солі), дигідрофосфату амонію та інших речовин, кристали яких широко застосовуються в радіотехніці. Цілі цехи заводів вирощують штучні кристали кам'яної солі, хлористого калію, фторис-

того літію та інших речовин, що застосовуються в оптичній промисловості. В електричних печах з розплавів вирощують великі кристали металів — свинцю, олова, нікелю, сурми, міді, вісмуту, цинку та ін.

Усім відомі вишнево-червоні рубіни та волошково-сині сапфіри, найдорожчі з дорогоцінних каменів після алмазу та ізумруду. Хоч на вигляд вони зовсім різні, але це той самий мінерал — к о р у н д. Хімічний склад рубіну і сапфіру та їх фізичні властивості однакові, відмінність тільки в забарвленні, яке залежить від дуже незначних хімічних домішок. Корунд— це один з найтвердіших мінералів: твердістю він поступається тільки алмазові. Тому його цінять не тільки як камінь для прикрас, але головним чином як матеріал для тих частин точних приладів, які не повинні швидко стиратися, сточуватися.

Гранчасті червоні камінці можна, наприклад, побачити в механізмі наших радянських годинників «Звезда» і «Победа». Це — штучні кристали рубіну, вирощені на радянських заводах. Проте не тільки в лабораторіях вирощують кристали. Адже всі метали — кристали. Значить, скрізь на заводах, де йде плавлення і лиття металів, відбувається ріст кристалів. Застигання розплавленого металу — це ріст твердих кристалів металу. Але як піде процес росту? Звідки почнуть рости кристали — з дна, з стінок чи з центра? Якими виростуть кристали — великими чи дрібними? Від цього залежать властивості металу, а тому всі ці процеси старанно вивчають.

Процес застигання металу, особливо сплаву кількох металів, не менш складний, ніж процес кристалізації магми. Під час остигання



Кристал галуну, вирощений піонерами.

сплаву, так само як і при кристалізації магми, речовина розділяється, випадають спочатку ті кристали, в яких вища температура плавлення. Якщо дати металові остигати повільно, по черзі випадають усі кристали. Якщо раптово охолодити нагрітий метал (наприклад, кинути ще не остигле литво у крижану воду), ріст кристалів загальмується, структура металу буде вже іншою. Цей спосіб кристалізації — так зване г а р т у в а н н я м е т а л у — широко застосовується в техніці, бо загартований метал багато твердіший, ніж незагартований.

Знаючи закони кристалізації і властивості кристалів, ми керуємо литтям і обробкою металів.

ЩО ТАКЕ МІНЕРАЛ

У багатьох місцях нашої країни на полях можна бачити валуни. Розколіть валун і пильно подивіться на злом. Ви побачите, що камінь складається з безлічі кристаликів різних мінералів[1].

Тепер візьміть ложки дві землі, розмішайте в склянці води. Каламуть злийте, а осад розгляньте в лупу. Ви побачите скупчення блискучих кристаликів. Це мінерал кварц.

Мінерали вивчає окрема наука — м і н е р а л о г і я. Вона існує вже багато століть і дає велику користь людству, бо тісно зв'язана з гірничою справою, з розвідуванням і використанням корисних копалин. Мінералогія

[1] Термін «мінерал» походить від латинського слова «мінера» — руда. «Мінераліс» — той, що походить з рудників.

займається всебічним вивченням мінералів: умовами утворення, процесами зміни, дослідженнями хімічного складу, фізичних властивостей, а також можливостями практичного застосування та використання мінералів у господарстві.

Звичайно, в місцевостях, де є відслонені скелі і кам'янисті схили, мінерали помітити неважко. Але й обмілина, і піщаний обрив теж утворені мінералами, але тільки дуже дрібними кристаликами їх, піщинками.

З мінералів складаються всі гірські породи, всі корисні копалини. А якщо пригадати, що земна кора цілком складена гірськими породами, то величезне значення мінералів у природі стане ще очевиднішим.

Більшість мінералів — це тверді тіла. Проте в природі трапляються мінерали і в рідкому (наприклад, вода, самородна ртуть), і в газоподібному станах (наприклад, вуглекислий і сірчистий гази, що виділяються під час виверження вулканів, метан, гази, що утворюються при радіоактивних процесах, як, наприклад, гелій, та ін.).

М і н е р а л о м називається природна хімічна сполука, однорідна в хімічному і фізичному відношеннях, яка є складовою частиною земної кори.

Алегоричне зображення дерева металів, що росте в центра Землі. Його коріння і гілки — рудні жили.

Матеріалом для мінералів служать хімічні елементи, і кожний мінерал являє собою п е в н у хімічну сполуку.

Кожний мінерал має свою хімічну формулу, що свідчить про сталість його хімічного складу. Проте в природі хімічні реакції відбуваються далеко не так, як у лабораторії, де хіміки мають справу з чистими реактивами[1] і вимитим посудом. У природних «реактивах» завжди є сторонні речовини, а тому й мінерали завжди містять у собі різні домішки, серед них і включення інших мінералів. Часто ці домішки досить закономірні. Це особливо важливо тому, що деякі з них дуже цінні. Так, наприклад, мінерал галеніт (свинцева руда) звичайно містить у собі домішку срібла, яке з нього й добувають. Хімічна ж формула галеніту (PbS) показує характерний і сталий склад цього мінералу, срібло в цю формулу не входить, бо воно є н е з а в ж д и.

Склад деяких мінералів дуже мінливий. Сюди належать мінерали дуже своєрідного вигляду, що нагадують то засохлий клей, то чорну замазку. Такими мінералами є, наприклад, деякі руди заліза (лимоніт), марганцю, міді. Ці речовини не кристалізувались, а ніби висихали, захоплюючи при цьому найрізноманітніші домішки. До таких мінералів належить і наш звичайний кремінь.

Мінерали — складні будівлі. Якщо особливим способом просвітити рентгенівським промінням мінерал, наприклад, кристал галіту (кам'яна сіль), і сфотографувати промінь, що пройшов крізь нього, ми побачимо дуже цікаву картину. Виявляється, що мінерал являє собою гратку, в якій атоми одних елементів займають строго певне положення відносно інших. Кожний мінерал, кожний кристал має свою власну, характерну для нього кристалічну гратку.

Кожний мінерал має і певні фізичні властивості, питому вагу, твердість, забарвлення і т. д.

Характер будови гратки зумовлює всі найважливіші властивості мінералу. Подивившись на гратку, можна зразу ж зрозуміти, який мінерал має спайність, а в якому її немає. Твердість, блиск, спайність, гнучкість, ковкість і т. д.— усі ці властивості залежать від внутрішньої будови мінералу, тобто від його гратки. Розпиляємо, наприклад, упоперек прозорий кристал турмаліну і подивимося крізь нього на лампу (уздовж кристала), склавши половинки. Крізь кристал ми побачимо світло. А якщо почати обертати одну з половинок кристала, то світло ніби загасатиме і, нарешті, лампа зникне. Ця чудова властивість турмаліну залежить від будови його кристалічної гратки.

Скільки ж різних видів мінералів відомо на Землі? Подивіться в музеї вітрини з мінера-

[1] *Реактиви* — речовини, що застосовуються в хімічних реакціях.

лами. Які вони різноманітні формою, забарвленням, блиском! А скільки цікавих мінералів можуть побачити наші молоді читачі в Мінералогічному музеї Академії наук у Москві! Тут мінерали збирають з часів Петра І. Розглядаючи ці вітрини, переконуєшся, що правильно називають мінерали «квітами землі», такі вони яскраві, цікаві, гарні, а головне — різноманітні! Проте все ж мінералів не так багато, як можна було б чекати.

З хімічних елементів хіміки в лабораторіях добули понад 2 млн. сполук різного складу (фарби, ліки, хімічні реактиви та ін.), кожна з яких має особливу, тільки для неї характерну властивість. Особливо багато добуто органічних сполук — так називають сполуки з вуглецем.

Природних хімічних сполук, тобто мінералів, відомо всього тільки близько 1700 видів. Чому? По-перше, тому, що тільки небагато хімічних сполук відзначається тривкістю і стійкістю, а по-друге, багато хімічних елементів трапляється дуже рідко і завжди у зовсім незначній кількості, через що й не утворює мінералів. Такі елементи трапляються тільки як домішки до інших мінералів (див. стор. 110).

Мінерали відіграють дуже важливу роль у нашому житті, а тому їх старанно вивчають. Щороку близько десятка мінералів виключають з мінералогічних списків. Одні з них виявляються сумішшю мінералів, а не однорідними тілами; другі були вже відомі в інших країнах, але сторонні домішки надали їм іншого забарвлення, іншого вигляду. В той же час щороку на рудниках, у горах, у відкладах морів, озер тощо відкривають приблизно стільки ж нових мінералів. Через те і не можна точно встановити справжню кількість мінералів на сьогоднішній день.

Як же розподіляються всі мінерали в природі?

Мінерали, які в природі дуже поширені, називаються породотвірними. З початку XX ст. в усіх країнах систематично провадяться роботи, що мають на меті визначити, з яких порід в основному складається земна кора, які породотвірні мінерали складають її, які хімічні елементи відіграють найважливішу роль.

Численні підрахунки мінералів і гірських порід дали такі результати, що характеризують склад земної кори:

Виверженi (магматичні) породи становлять 95% від усіх гірських порід.

Сланці (метаморфічні) — 4%.

Пісковики (осадові) — 0,75%.

Вапняки (біогенні — створені організмами) — 0,25%.

Дев'ять хімічних елементів становлять за вагою 97% земної кори. Це такі елементи: кисень — 44,6%, кремній — 27,7%, алюміній — 8,1%, залізо — 5,0%, кальцій — 3,6%, натрій — 2,8%, калій — 2,6%, магній — 2,1% і титан — 0,4%. З цих самих дев'яти хімічних елементів складаються 12—15 найбільш поширених породотвірних мінералів: польові шпати (кілька видів), слюди (3—4 види), рогові обманки (4—5 видів), кварц і ще з десяток інших мінералів. Приблизно ще 100—110 мінералів трапляються більш-менш часто, утворюючи найважливіші корисні копалини і супровідні породи, всі ж інші є мінерали рідкісні (див. стор. 110).

У стародавніх похованнях кельтів у Франції знайшли кам'яне знаряддя з мінералу, схожого на нефрит, і прикраси з мінералів, схожих на бірюзу. Родовища цих мінералів досі не вдалось виявити.

Де ж і як утворюються мінерали?

Мінерали утворюються скрізь: глибоко в надрах землі, у пустинях, болотах і озерах.

Переважна кількість мінералів утворюється з магми (див. стор. 89). Проте серед мінералів, з яких складаються ці магматичні породи, марно було б шукати гарні зразки, нарядні кристали. Коли утворювались магматичні породи, окремі мінерали, кристалізуючись, заважали один одному рости. От вони й вийшли наче «стисненими», неповногранними. Чудові зразки мінералів виникають у пегматитових (див. стор. 94) і гідротермальних жилах, що утворилися з гарячих водних розчинів. Тут виростають чудові кристали в порожнинах (пустотах) жил, де ніщо не заважає їх вільному ростові. Прекрасні кристали піриту і марказиту трапляються у викопному вугіллі, іноді в глині.

Треба завжди пильно оглядати ту місцевість, де ви перебуваєте, щоб не пропустити цінний мінерал.

Мінерали (в колекціях і при описі в книгах) розміщуються в певному порядку: за хімічним складом і будовою гратки. Нижче наводимо класифікацію мінералів за хімічним складом (згадано тільки найважливіші мінерали):

1) самородні мінерали: золото, платина, срібло, графіт, алмаз;

2) сірчисті сполуки, або сульфіди: галеніт, пірит, халькопірит, сфалерит, кіновар;

3) окисли (сполуки з киснем): лід, кварц, гематит, магнетит;

4) водні окисли: бурий залізняк, або лимоніт, та ін.;

5) силікати (тобто сполуки кремнію, або силіцію): слюди, польові шпати, рогові обманки; сюди належать майже всі породотвірні мінерали;

6) фосфати (солі фосфорної кислоти): фосфорит, апатит, бірюза;

7) вольфрамати (солі вольфрамової кислоти): вольфраміт, шеєліт;

8) сульфати (солі сірчаної кислоти): мірабіліт, гіпс, барит;

9) карбонати (солі вугільної кислоти): кальцит, сидерит, доломіт;

10) галоїдні сполуки (солі фтористоводневої і соляної кислот): флюорит, кам'яна сіль, сильвін;

11) органічні сполуки: янтар, різні викопні смоли, що трапляються в кам'яному вугіллі, та ін.

За даними археології, первісна людина в кам'яному віці вже користувалася в своєму побуті приблизно 20 мінералами і 10 гірськими породами.

Тепер промисловість СРСР використовує близько 400 мінералів. Адже навіть для видання цієї книги потрібно було не менше 20 різних мінералів: з антимоніту, галеніту, сфалериту, халькопіриту були вилиті букви і виготовлені кліше для ілюстрацій; з хроміту, гематиту, лимоніту, вісмутину виготовлено фарби кольорових рисунків; при виготовленні паперу були використані мірабіліт, барит, крейда, тальк і т. д. Додайте до цього ще мінерали, необхідні для виготовлення друкарських машин: руди заліза (три-чотири види), міді, кобальту, нікелю, хрому, алюмінію, а також інші,— і ви матимете деяке уявлення про значення мінералів у житті людини.

Мінералог насамперед повинен вивчити властивості мінералів. Є багато хімічних елементів, які мають важливе значення для промисловості і сільського господарства, але деякі з них трапляються дуже рідко і ніколи не утворюють великих скупчень. Такими є, наприклад, метал кадмій, що надає міді високої міцності, метал талій, сполуки якого вбивають шкідників сільськогосподарських культур. Самостійних мінералів вони не утворюють, а трапляються як домішка в цинковій обманці, причому зовні не видно, чи є ця домішка в мінералі, чи її немає.

У багатьох випадках з наявності якогось, часто малозначного, мінералу можна зробити висновок про те, що в даному місці є цінні руди, яких раніше не помічали.

Важливу допомогу може подати мінералог і геологам-розвідникам, які детально вивчають родовища для розробки, і гірничим інженерам, які розробляють родовище, видобуваючи з нього цінні мінерали. Уважно вивчаючи родовище, мінералог зробить точні зарисовки, в яких покаже, як розміщуються окремі мінерали та їх скупчення (руди), які і треба видобувати.

Знання умов утворення родовища для різних мінералів має величезне практичне значення. Розглядаючи геологічну карту якоїсь місцевості, ми можемо передбачити, які мінерали, які корисні копалини можна тут шукати.

Для ряду корисних копалин — поліметалів, золота, вугілля, нафти — складають карти прогнозу (передбачення). На кожній з них показують площі або ділянки, на яких слід шукати потрібну корисну копалину, на яких цієї корисної копалини не може бути і шукати її тут не слід. Карти прогнозів все більше й більше входять у практику розвідування та шукання і дають дуже велику користь.

Багато руд і мінералів містять у собі різні домішки. Перш ніж рекомендувати їх для промислового використання, мінералог повинен детально вивчити всі їх технологічні властивості. Інакше кажучи, він повинен вказати, наскільки даний мінерал відповідає своєму призначенню, які способи його обробки можна рекомендувати і т. д. Крім того, мінералог повинен вказати можливість використання в промисловості відходів видобутку.

При видобуванні всякої корисної копалини завжди вибирають з надр більшу чи меншу кількість пустої породи, тобто породи, яка супроводить корисну копалину. Такі породи йдуть у відвали, що дає збитки державі: адже для видобутку їх затрачуються робоча сила, матеріали, електроенергія. Тому мінералоги старанно вивчають усі мінерали, які є в цих породах, і намагаються їх використати.

Якщо практично важливий мінерал трапляється або рідко, або у вигляді дрібних, поганих зразків, тоді його намагаються виготовити штучно. Наприклад, для добування алюмінію потрібен дуже рідкісний мінерал кріоліт, один раз знайдений в Ільменському заповіднику в дуже незначній кількості. А тепер цей мінерал навчились виготовляти на заводах у великій кількості — тисячі тонн. Мінералогічні лабораторії, спеціальні інститути і заводи виготовляють штучні прозорі і безбарвні мінерали: кварц, кальцит, флюорит (з яких роблять лінзи і

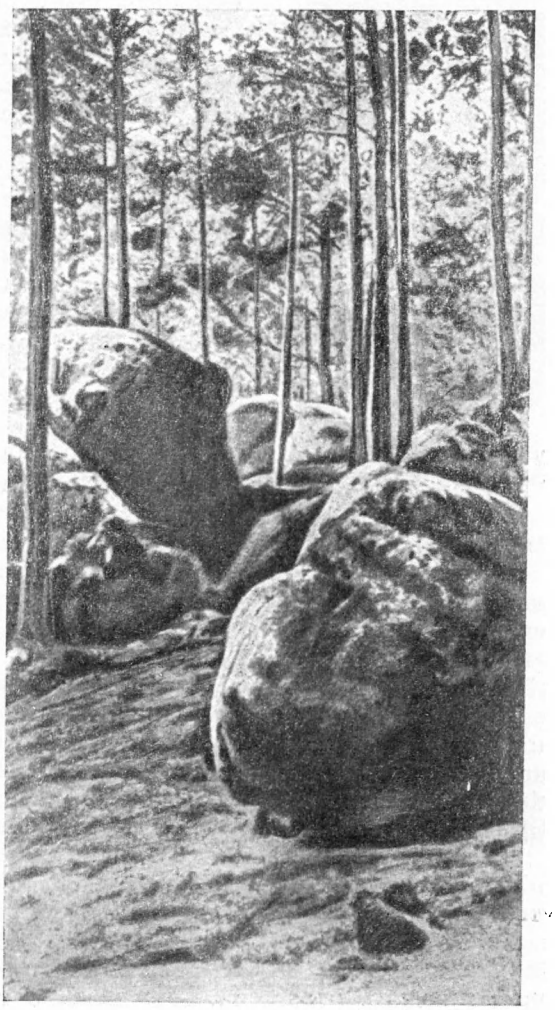
призми для оптичних приладів), рубін (що застосовується і в механізмах кишенькових годинників, і як дорогоцінний камінь) і т. д. Багато тисяч тонн штучного графіту добувають в електричних печах. Наша промисловість випускає понад 100 різних штучних мінералів, а спеціальні лабораторії безперервно працюють над створенням нових мінералів.

ЯК З МАГМИ УТВОРЮЮТЬСЯ МІНЕРАЛИ ТА ГІРСЬКІ ПОРОДИ

Нарешті, кінчилась зима. На нашій річці вже пройшла крига. Хоч подекуди ще й лежить сніг, але повітря зовсім весняне, тепле. На дорогах сухо, і можна вийти за місто. Ось ми на березі ріки. Глибокі яри прорізали породи її високого берега. Тут можна зібрати непогану колекцію мінералів та гірських порід.

Розгляньте обкатані різнобарвні камінці — гальку: їх відшліфувала вода. А ось великий валун — булижник. Їх тут багато! Поверхня валуна не така гладенька, як гальки, вона буває іноді вкрита подряпинами. Валуни, як ви знаєте, були принесені льодовиками, які колись, у далекі часи, вкривали величезні простори нашої країни.

Під час руху льодовики руйнували все на своєму шляху. Вони зрізували і вирівнювали виступи скель; уламки порід, відриваючись від гірських хребтів, потрапляли на лід, вмерзали в його товщу і повзли разом з ним. Від багатовікового руху льоду одні камені подрібнювались, інші поступово згладжувались і обточувались: утворились валуни найрізноманітнішої форми і розмірів. Коли лід розтавав, валуни разом з пухкою піскувато-глинястою нешаруватою масою відклались у вигляді породи, яка називається м о р е н о ю.

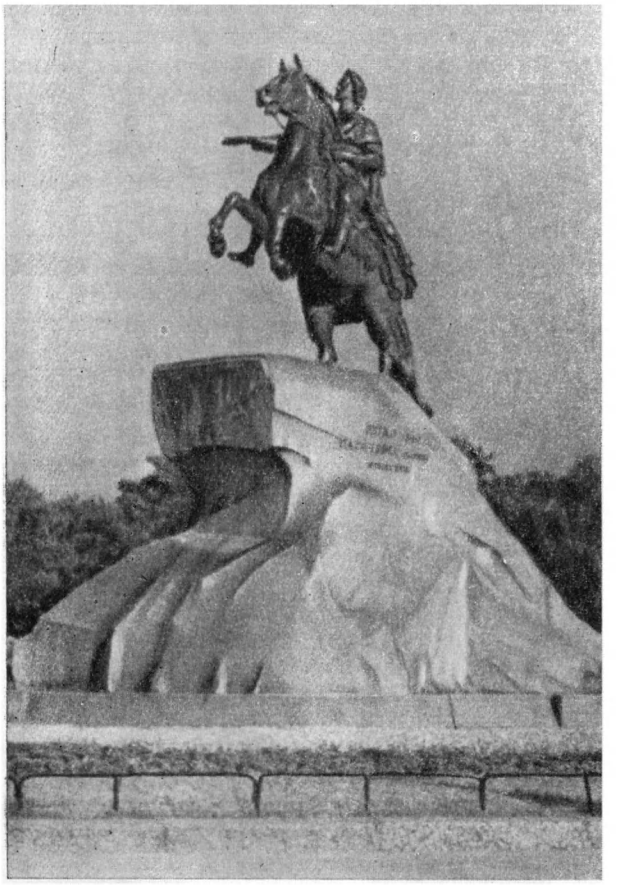


Валуни, принесені льодовиками, які колись, у далекі часи, вкривали величезні простори Землі.

Подивіться на розкол каменя. Це крупнозернистий граніт, який дуже добре полірується і набуває при цьому приємної глянцевої поверхні.

Походженням граніт — порода магматична; він утворився у глибоких надрах землі з вогняно-рідких розплавлених мас — м а г м и. Магма залягає в земній корі на дуже великій глибині; там вона утворює величезні басейни або вогнища. На думку багатьох геологів, магма в області материків повинна бути на значно більшій глибині, ніж під океаном. На поверхню вона виливається потоками л а в и з жерл вулканів, що розміщаються звичайно вздовж розломів земної кори, а іноді й безпосередньо з тріщин. У минулі геологічні епохи тріщинні виливи лави були дуже поширені, і сліди грандіозних її виливів є в різних місцях земної кулі. Тепер такі виливи відбуваються на о-ві Ісландія.

За своїм складом магма — складний розчин



П'єдестал пам'ятника Петру I цілком витесано з одного величезного валуна.

багатьох хімічних елементів, їх окислів і сполук.

З усіх речовин, які є в магмі, особливу роль відіграють кремнекислі сполуки — силікати, і тому магму часто називають складним силікатовим розплавом. Головні складові частини такого розплаву — двоокис кремнію, або кремнезем (SiO_2), окис алюмінію, або глинозем (Al_2O_3), окис (Fe_2O_3) і закис (FeO) заліза, окис магнію (MgO), окис кальцію (CaO), окиси калію (K_2O) і натрію (Na_2O). Інших елементів у магмі далеко менше.

Крім того, в магмі багато газоподібних і летких речовин, які беруть істотну участь у процесах утворення мінералів, а отже, і гірських порід. В найбільшій кількості в магмі містяться такі леткі речовини: водяна пара, вугільний ангідрид — двоокис вуглецю (CO_2), окис вуглецю (CO), вуглеводні, деякі сірчисті сполуки та ін.

Мінерали, що утворюються з магми при її остиганні,— це хімічні сполуки тих елементів, які в ній містяться.

ГЛИБИННІ МАГМАТИЧНІ ПОРОДИ

Обкатаний гранітний валун, який ми знайшли в яру, принесли колись до нас льодовики з далеких північних районів — з Фінляндії або Карелії,— де гранітні породи дуже поширені.

Подивимось, з яких мінералів складається граніт нашого валуна. У ньому легко розрізнити три мінерали: кварц, польовий шпат і слюду. Кварц звичайно має вигляд сіруватих зерняток з скляним, частіше жирним блиском. Польовий шпат (ортоклаз) легко пізнати по гладеньких поверхнях злому; найчастіше він забарвлений у червонуватий або жовтий колір. Слюда добре відрізняється від інших мінералів сильним блиском своїх світлих або чорних листочків.

Усі ці три мінерали знаходяться в граніті у вигляді невеликих кристалічних зерняток, що щільно прилягають одне до одного. Ви ясно бачите, що порода від цього набуває виразно зернистої будови. Сама назва «граніт» походить від латинського слова «гранум», що означає «зерно». Якщо кусочок граніту розколоти на дрібні частини, то можна відділити один від одного всі три мінерали, з яких він складається, але зробити це нелегко, бо один мінерал нерідко проростає іншими.

Невеликі гранітні валуни на широкому просторі нашої країни трапляються дуже часто; але іноді можна знайти і дуже великі. З великих валунів колись витесували моноліти для пам'ятників. П'єдестал пам'ятника Петру I в Ленінграді цілком витесано з одного величезного валуна.

Головне зосередження гранітів — у надрах земної кори, де вони займають величезні простори. Граніти — найбільш поширені з усіх магматичних порід на Землі.

Величезні площі, зайняті гранітами, що виходять на поверхню Землі, є на Кольському п-ві, Україні, Уралі, Північному Кавказі, в Казахстані, Забайкаллі, на Саянах, Алтаї, Тянь-Шані і в інших місцях. У різних місцевостях граніти можуть бути різного виду й забарвлення — сірі, жовтуваті, рожеві й червоні. Пояснюється це тим, що польові шпати і слюди, які входять до складу цієї породи, не завжди однакові за хімічним складом і забарвленням.

Різновидностей граніту досить багато. Крім кварцу, польового шпату і слюди, до складу різних видів граніту нерідко входять у невеликій кількості і деякі другорядні мінерали, наприклад, рогова обманка, апатит та ін.

У масивах гранітних порід часто утворюються різні пустоти і тріщини, які надалі можуть перетворитись у родовища цінних корисних копалин. Це може статися, якщо пустоти або тріщини заповняться якимись мінеральними речовинами, що проникли разом з розплавленими масами або гарячими водними розчинами.

У результаті цих процесів у надрах гранітних порід можуть виникнути гнізда і жили з різними мінералами — рудними і неметалевими.

На широкому просторі нашої країни є численні багатющі жильні родовища кольорових і рідкісних металів, а також різних самоцвітів та дорогоцінних каменів, пов'язаних з гранітами.

Апатито-нефелінова порода: апатит — світлий, нефелін — темний.

Близько до гранітів стоять породи, що називаються сієнітами і діоритами. Вони схожі на граніти, мають таку саму кристалічну зернисту будову. Сієніти забарвлені в світлі кольори — сіруваті, рожеві і навіть білі, а діорити значно темніші. Однак ці породи не містять у собі кварцу — мінералу, такого характерного для гранітів. Сієніти і діорити в основному складаються з польових шпатів і більшої чи меншої кількості темних мінералів— темної слюди або рогової обманки. Породи ці трапляються значно рідше, ніж граніти. Як і в гранітах, в них нерідко бувають різні корисні копалини.

Особливо цікаві так звані нефелінові сієніти. Вони складаються з білого польового шпату (альбіту), мінералу нефеліну і незначної кількості темних мінералів. Є багато різновидностей цих гарних порід. Нефелінові сієніти — добрий будівельний матеріал, як і більшість інших магматичних порід. Крім того, в різних галузях народного господарства широко використовується мінерал нефелін, що входить до їх складу. Його застосовують у фарфорофаянсовій, алюмінієвій і хімічній промисловості. Останнім часом нефелін стали широко застосовувати в сільському господарстві як добриво, бо він містить у собі деяку кількість калію.

У нас за Полярним колом, на Кольському п-ві, цілі гори складаються з нефелінових порід, які містять у собі велику кількість ще мінералу апатиту — цінного фосфорного добрива. Поширені ці породи і на Уралі, особливо Південному. На Україні, в околицях міста Жданова, великі простори також зайняті нефеліновими сієнітами. Є вони і в інших місцях.

Крім гранітів, сієнітів і діоритів, є безліч і інших магматичних порід. Дуже цікаві породи, що складаються з різних темних мінералів: темних польових шпатів (як, наприклад, лабрадор), авгіту, рогових обманок. Породи ці мають темне забарвлення, деякі з них майже чорні, як вугілля. В них зовсім немає кварцу, але нерідко є мінерали, що містять у собі такі метали, як залізо, титан, хром та ін. Цим вони різко відмінні від порід гранітних і сієнітових. В них буває також самородна платина.

До найбільш поширених темних порід належать породи, що називаються габро. Вони мають крупнозернисту будову; у мінералів, що входять до складу цих порід, кристалічна структура. Численні масиви габрових порід зосереджені на східному схилі Уралу, переважно на Північному і Середньому, а також на Україні і частково на Кольському п-ві.

Близько до габро стоять менш поширені породи — дуніти. У нас на Північному і Середньому Уралі з цими породами пов'язані великі родовища платини та хромистого залізняку.

Усі породи, про які ми говорили, належать до глибинних магматичних порід, тобто таких, які утворилися з розплавлених мас у глибинних частинах земної кори. Якщо ці породи ми й бачимо на поверхні Землі, то тільки тому, що в процесі горотворення, а також внаслідок руйнування розміщених вище товщ Землі вони опинилися на поверхні. Глибинні породи дуже поширені, особливо у гірських місцевостях; вони дуже різноманітні; ми спинились тільки на найбільш поширених і загальновідомих.

Головна ознака всіх глибинних порід — їх зернистість, яка різко впадає в очі. Зерна мінералів, з яких складається порода, добре окристалізовані. В цих породах немає жодного мінералу, який не мав би кристалічної будови.

ВИЛИТІ МАГМАТИЧНІ ПОРОДИ

Далеко не всі магматичні породи складаються з добре окристалізованих зерен мінералів, що входять до їх складу.

Є магматичні породи, що належать до групи вилитих, або вулканічних, порід. Вони звичайно поширені у вулканічних областях. На відміну від глибинних, ці породи затверділи у поверхневих частинах і навіть на самій поверхні Землі.

Під час вулканічних виверженъ розплавлені маси зяючими тріщинами або каналами підходять з надр Землі до її поверхні. Виливаючись назовні з жерл вулканів, розжарені вогнянорідкі маси остигають і перетворюються у різноманітні породи, що відрізняються від порід глибинних як будовою, так і зовнішнім виглядом.

Вилиті породи характеризуються дрібнозернистістю; така будова їх зумовлюється відносно швидким застиганням тих розплавлених мас, з яких вони утворились. Вилиті породи складаються з найдрібніших кристалічних мінералів, яких часто навіть не можна бачити неозброєним оком: порода здається зовсім суцільною і однорідною, і тільки в тонких шліфах — спеціально приготовлених пластинках — під мікроскопом можна розглядіти її будову. Деякі з цих порід мають навіть скловидну структуру — мінеральні частинки, що входять до складу таких порід, зовсім не окристалізовані і нагадують скло.

Крім областей, де проявляється вулканічна діяльність, вилиті породи можна зустріти й там, де вона вже закінчилася. У деяких з таких місцевостей вилиті породи дуже поширені й займають великі простори.

Найбільш поширеною вилитою породою є темний, майже чорний, дрібнозернистий базальт.

Давні виливи базальтів, що застигли потужними покривами і потоками, є в багатьох місцевостях. Хімічним складом базальти близькі до порід з групи габро.

Нерідко окремі масиви базальтів мають своєрідну будову. Базальтовий масив буває розбитий на стовпи, що мають шести- або п'ятикутний переріз.

Одно із старовинних і визначних місць на земній кулі, де є виходи стовпчастої форми базальту,— так звана Фінгалова печера на о-ві Стаффа в Атлантичному океані на захід від Шотландії. Печера давно відома завдяки своїм

Базальтовий масив («Мостова велетнів») утворився в потоку базальтової лави, що закристалізувалась окремими стовпами (Ірландія).

чудовим колонадам, складеним з потужних стовпів базальту. В середні віки нікому й на думку не спадало, що ці стовпи утворила сама природа. В шотландській легенді розповідається, що печеру колись збудували велетні для свого вождя Фінгала. Тут нібито переховувався він із своїми військами, і ніхто з ворогів не наважувався проникнути в його схованку. Ім'ям цього фантастичного героя і названо печеру.

Насправді Фінгалова печера — споруда давнього зниклого вулкана, з жерла якого колись вилились величезні потоки базальтової лави. Остигаючи, базальти розпались на шестигранні призми, які потім внаслідок процесів вивітрювання перетворились у велетенські стовпи сучасного острова Стаффа. Морські хвилі вибили в них глибокий грот.

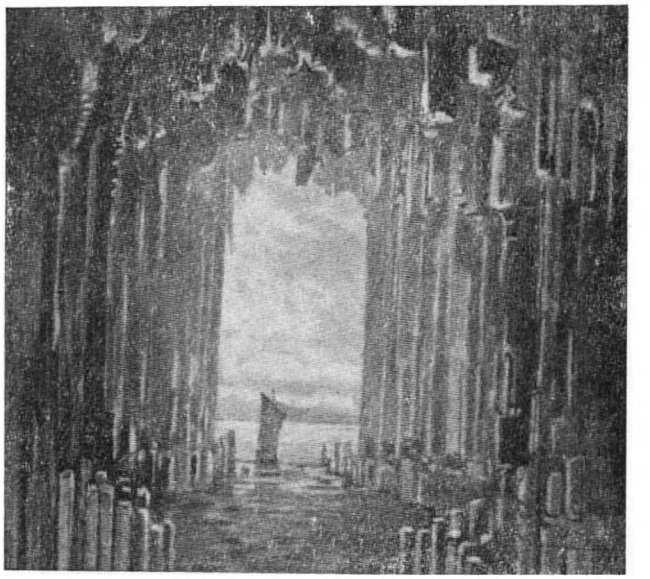
Базальти є також у Гренландії; особливо потужними покривами вони виступають на південно-західному березі о-ва Діско. Тут у базальтах трапляються великі включення самородного нікелистого заліза.

На широкому просторі СРСР мальовничі виходи стовпчастого базальту виступають біля узбережжя північного Тіману, потужні покриви базальту є в Сибіру, в районі між ріками Леною і Єнісеєм, у районі Забайкалля, на острові Сахаліні, на Алтаї; у Закавказзі базальт є у Вірменії коло оз. Севан і на схилах згаслого вулкана Арагац. Є також базальт у Ждановському районі на Україні. Цікавий стовпчастий базальт можна зустріти в околицях м. Ровно на Волині. Його видобувають тут для литва. Базальт порівняно легко плавиться, і з нього виливають балки для будівель, художні вироби та ін.

Базальт — порода дуже міцна. Це чудовий будівельний матеріал. Базальт використовують також для брукування вулиць («брущатка») і як сировину для виготовлення кислототривких виробів.

Серед вилитих порід дуже поширені ще а н д е з и т и, т р а х і т и і л і п а р и т и. Ці породи дуже різноманітні і трапляються переважно в областях недавньої або сучасної вулканічної діяльності.

Андезити, трахіти і ліпарити — породи світлі. Ліпарити, наприклад, у свіжому стані зовсім білі; окремі кристалики в них — це переважно світлі польові шпати. Темні мінерали в цих породах відіграють незначну роль. Дуже близькі до цих порід кварцові порфіри; це давні щільні породи темно-червоного і бурого забарвлення з розсіяними в них кристаликами кварцу і польового шпату.



Стовпи базальту у Фінгаловій печері на острові Стаффа.

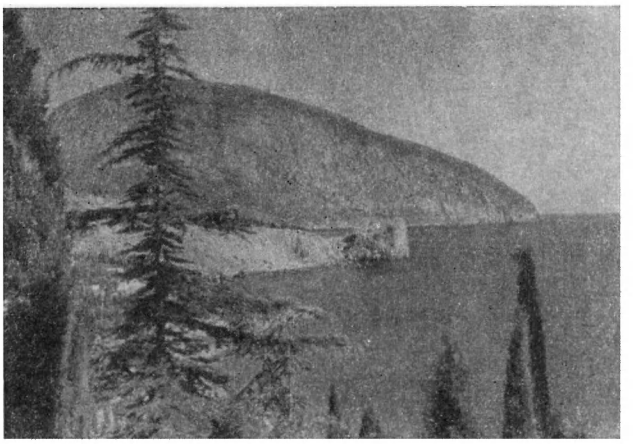
До вилитих порід належать ще так звані вулканічні стекла; справді, ці породи дуже схожі на скло. Типовим вулканічним склом є о б с и д і а н. Обсидіан завжди легко пізнати: він має чіткий раковистий злом і часто оксамитово-чорне забарвлення, яке переходить іноді в сіре і навіть червонувато-буре, іноді з шовковистим полиском.

Обсидіан нерідко утворює так звану бриловидну лаву на поверхні застиглих лавових потоків. Дуже часто він супроводиться легкою шлаковидною пористою породою, що називається п е м з о ю. Ця остання трапляється у вигляді уламків, викинутих під час виверження як давніми, так і сучасними вулканами.

Є великі скупчення пемзи в Закавказзі коло оз. Севан, поблизу Арарату і в інших місцях.

Дуже часто серед вулканічних порід бувають пухкі продукти виверження: попіл, вулканічний пісок, лапілі, іноді «бомби». Ці породи могли утворитися під час виверження внаслідок вибухів пари або якихось інших газів. У злежалому стані вони нерідко утворюють вулканічні туфи.

У народному господарстві вилиті породи застосовуються так само широко, як і глибинні. Багато які з них використовують для спорудження будинків, а також для брукування шляхів; з обсидіану виготовляють пляшкове темне скло, а з плавленого базальту виливають балки для будівель.



Гора Аю-Даг у Криму — вихід лаколіту на земну поверхню.

ЯК І ДЕ ЗАЛЯГАЮТЬ МАГМАТИЧНІ ГІРСЬКІ ПОРОДИ

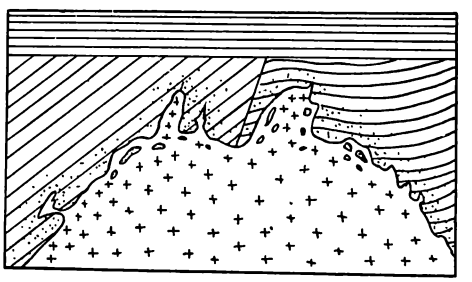
Різноманітні магматичні породи, що утворилися з розплавлених мас, відрізняються одна від одної не тільки своїм мінералогічним складом або зовнішнім виглядом, а часто й тими формами, в яких вони залягають серед інших порід земної кори. З багатьох форм магматичних порід найбільш поширені б а т о л і т и, л а к о л і т и, п о к р и в и, п о т о к и і ж и л и.

Б а т о л і т и — скупчення в земній корі глибинних магматичних порід неправильних обрисів і дуже великих розмірів. Батоліти залягають глибоко в земній корі: основа їх десь у незвіданих глибинах. Відслонюються батоліти на поверхні землі тільки після зруйнування і знесення пластів земної кори, які їх вкривали. Ті масиви гранітних порід, які ми бачимо на поверхні землі,— це здебільшого відслонені батоліти.

Л а к о л і т и — тіла, подібні до батолітів, але значно менших розмірів; вони мають здебільшого плосковипуклу грибоподібну форму і ясно виявлений, заповнений магмою канал, що зв'язує їх з глибшими підземними вогнищами. Утворились вони на меншій глибині з розплавлених мас, після того як ці маси заглибились у пласти давніх осадових порід. Виходи лаколітів на земну поверхню у вигляді невеликих гір відомі, наприклад, у Криму — гора Аю-Даг і на Кавказі в районі П'ятигорська — гори Бештау, Железна, Машук, Кинджал і Верблюд. Ці лаколіти частково вже відслонились внаслідок зруйнування і знесення осадових порід, що лежали над ними; гора Машук ще вкрита осадовими породами.

П о к р и в и утворюються, коли виливаються з тріщин земної кори великі кількості розплавлених мас. Форми ці поширені на поверхні землі і характерні головним чином для більш легкоплавких базальтових порід. Бували випадки, коли така базальтова магма розливалась на величезні простори, залишаючи покриви грандіозних розмірів. У нас, наприклад, у Східному Сибіру базальтовий покрив займає площу близько 1 млн. *км*^{2} при товщині покриву до 20 *м*. На о-ві Ісландія потужність покриву цієї породи досягає навіть 3000 *м*. Грандіозні покриви базальтових лав утворюють Деканське плоскогір'я в Індії, є вони і в Південній Америці.

П о т о к и утворюються при застиганні більш тугоплавких лав, що витікають під час вулканічних виверженъ. Вони звичайно складаються з затверділих лав — ліпаритів, андезитів, трахітів та вулканічного скла. Виливання цих лав звичайно супроводиться викидами різних пухких продуктів виверження.



Батоліт.

Лаколіт.

Дуже поширені форми залягання деяких магматичних порід — ж и л и. Вони утворюються в тріщинах земної кори після заповнення їх різними мінеральними речовинами. В ці тріщини з глибоких надр землі можуть проникнути розплавлені магматичні маси, різні пари і гази або гарячі водні розчини.

Відповідно до цього жили поділяються на п е г м а т и т о в і, що утворилися магматичними процесами; п н е в м а т о л і т и ч н і, створені під дією пари і газів різних речовин, що входять у магму,

і гідротермальні, в утворенні яких брали участь гарячі водні розчини, що надходили в тріщини з глибинних частин землі.

На поверхні землі мінеральні жили виявляються тільки після того, як породи, що лежать над ними, будуть зруйновані й знесені. У жилах трапляється велика кількість різних мінералів, що являють собою цінні корисні копалини.

Найбільш поширені мінерали, що утворюються в пегматитових жилах: кварц, особливо димчастий і чорний; різноманітні польові шпати; слюди — світлі (мусковіт) і темні (біотит); численні мінерали з групи дорогоцінних каменів, радіоактивні мінерали урану і торію.

У гідротермальних жилах ми знаходимо багато рудних корисних копалин — сполуки міді, свинцю, цинку, ртуті; такі метали, як срібло й золото, теж дуже часто видобувають з гідротермальних жил.

Тут описано найбільш поширені магматичні породи. А взагалі їх є більше тисячі видів. Ви можете ознайомитися з ними з спеціальних книг або розглядаючи колекції різних краєзнавчих і геологічних музеїв. Побувати в таких музеях і корисно і цікаво. Адже не кожен з вас може сам побачити в природі багато гірських порід і мінералів.

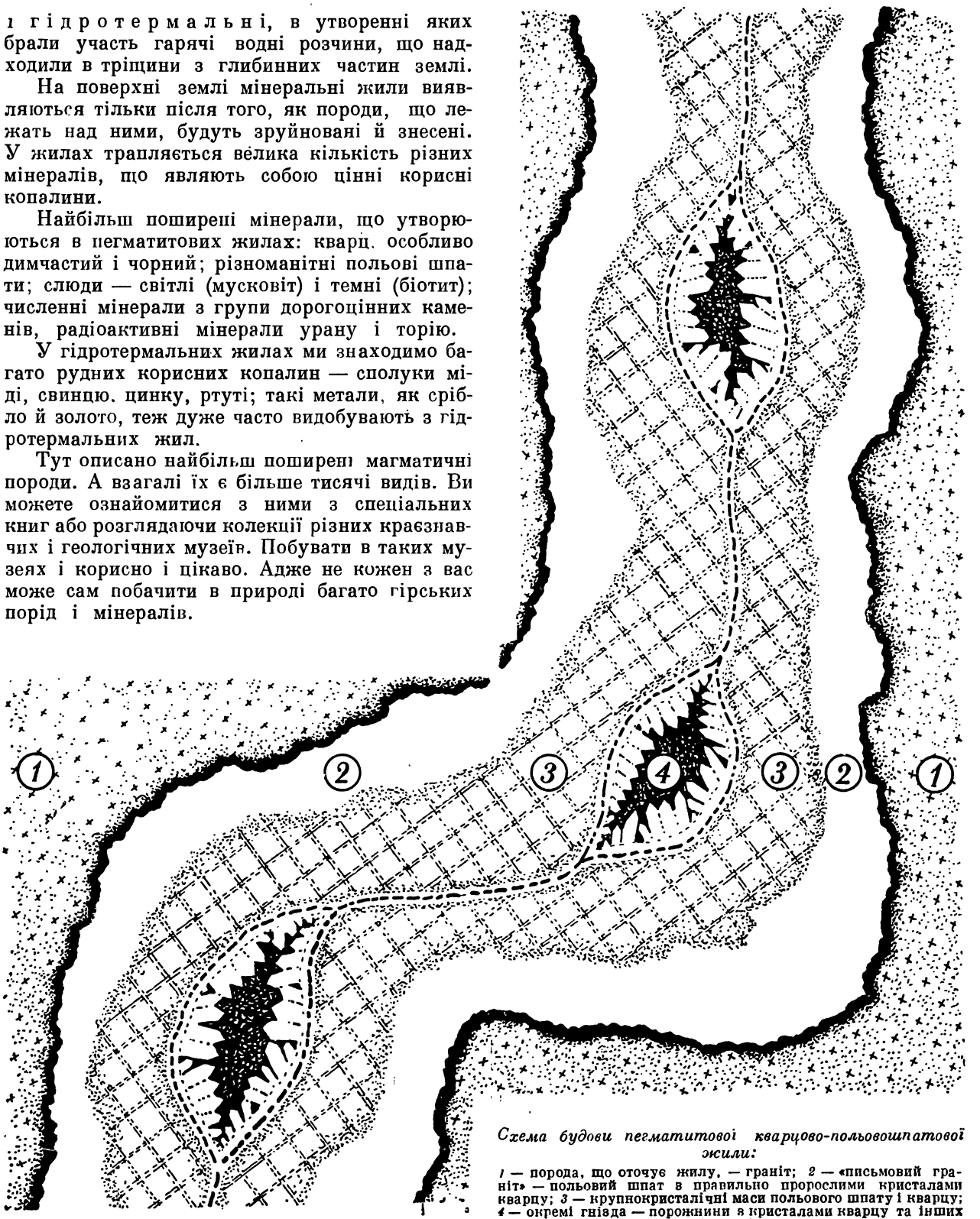


Схема будови пегматитової кварцово-польовошпатової жили:

1 — порода, що оточує жилу, — граніт; *2* — «письмовий граніт» — польовий шпат з правильно проростими кристалами кварцу; *3* — крупнокристалічні маси польового шпату і кварцу; *4* — окремі гнізда — порожнини з кристалами кварцу та інших мінералів.

ЯК УТВОРЮЮТЬСЯ ОСАДОВІ ГІРСЬКІ ПОРОДИ

Придивіться до струмочка або маленької річки. Ви відразу помітите, що вона несе багато дрібного піску або найтоншої каламуті. Більші частинки струмок перекочує по дну; дрібніші — переносяться течією води. Ці частинки зносяться в річку з берегових схилів дощовими і талими водами, а також вимиваються рікою з порід, з яких складаються дно і береги русла.

Чим швидше тече ріка, тим більше частинок вона вимиває і виносить своїми водами. У багатьох бистроводних рік вода каламутна. Такими є, наприклад, у низах наші кавказькі гірські ріки — Кура, Терек, Кубань.

І в багатьох рівнинних рік води каламутні, особливо якщо вони прокладають собі шлях серед м'яких глинястих порід. Особливо каламутними стають рівнинні ріки під час повені.

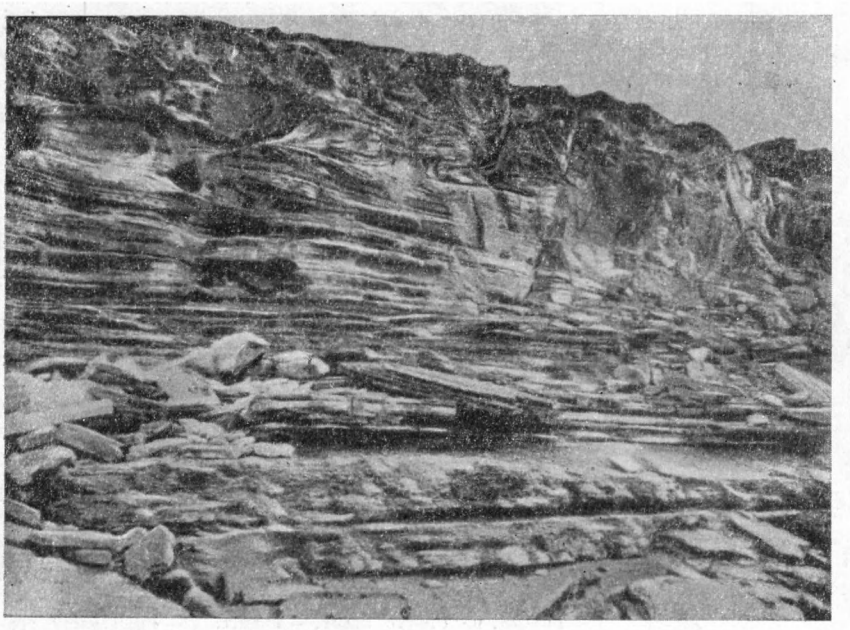
Великі, важкі частинки, вимиті рікою з порід, з яких складаються береги, порівняно швидко осідають, зустрівши на своєму шляху якусь перепону, а головним чином — коли зменшується швидкість течії. Дрібні ж і легкі частинки мандрують далеко: вони виносяться струмками в невеликі річки, з невеликих річок — у повноводні ріки і під кінець свого мандрування досягають озера або моря.

Важко і уявити собі, як багато дрібного осаду виносить у моря і океани кожна велика ріка.

Вчені підрахували, що Аму-Дар'я виносить протягом року в Аральське море близько 45 млн. $м^3$ твердих мінеральних частинок; р. Ганг виносить в Індійський океан 200 млн. $м^3$, а р. Хуанхе (Жовта) — до 900 млн. $м^3$ на рік!

Вода р. Хуанхе жовта, бо в ній дуже багато жовтої каламуті; навіть та частина Тихого океану, куди вона вливається, має жовте забарвлення і тому називається Жовтим морем.

Потрапляючи в спокійні води або в море, каламуть, принесена річковою водою, поступово осідає на дно. На морських пляжах і біля самих берегів відкладаються найбільші, важкі уламки і округлі камінці з відполірованою поверхнею, які називаються г а л ь к о ю. Їх приносять ріки переважно під час водопілля або вони утворюються від розмивання морських берегів. Дрібніші частинки виносяться трохи далі в море і, осідаючи там, утворюють шари піску. Нарешті, найдрібніші, найтонші частинки — мул — виносяться вже на значну віддаль від берегів і, осідаючи на дні, утворюють шари глин.

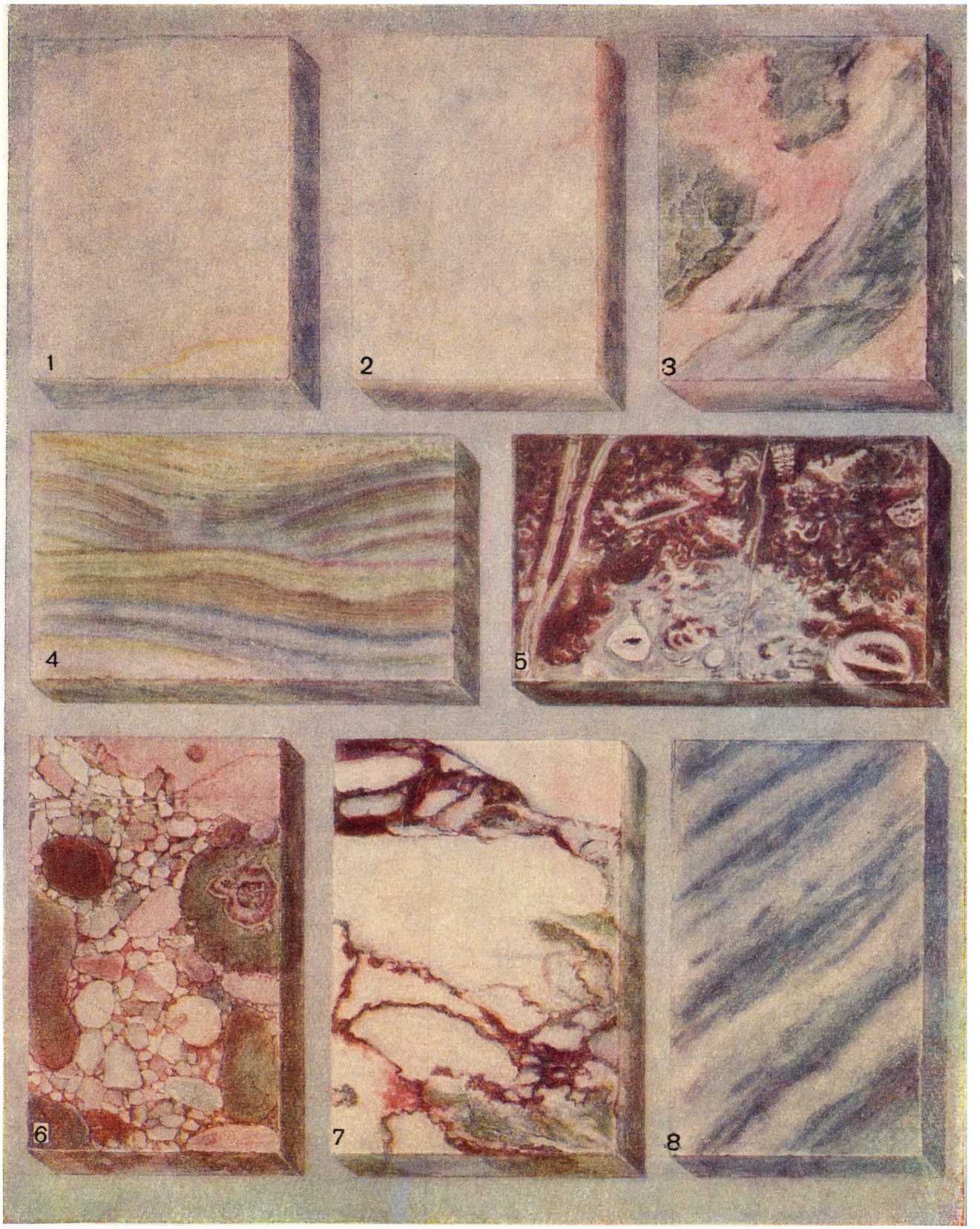


Перешаровування вапняків піскуватими глинами.

Цей процес осідання різних частинок у морі відбувається безперервно день за днем, роками, століттями, тисячоліттями. Одні шари осадів поступово перекриваються іншими. Нижчі шари під тиском новоутворених ущільнюються і твердніють.

Осад, що нагромаджується в морі, під дією морської води, яка містить у собі різні солі, хімічно видозмінюється. В ньому виникають нові мінеральні утвори, які міцно зв'язують (цементують) частинки осаду, заповняючи проміжки між ними.

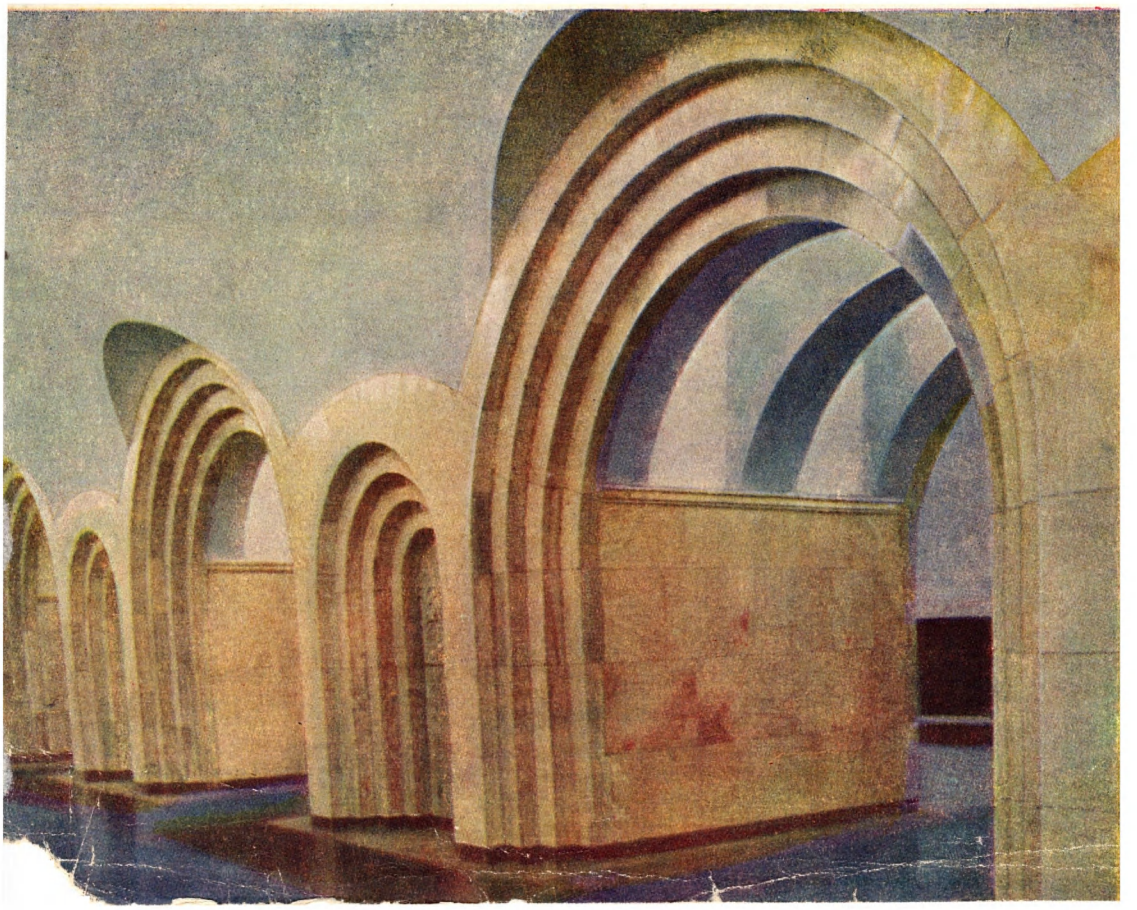
Якщо цементуються гальки, то виникає осадова порода, яка називається к о н г л о м е р а т о м. Зцементо-



Мармур з різних родовищ

1 — з родовища Газган (Узбецька РСР); *2* — з родовища Прохорово-Баландіно (Урал); *3* — з родовища Кібік-Кордон (Красноярський край; *4* — з Фомінського родовища (Урал); *5* — з родовища Шроша (Грузинська РСР); *6* — з родовища Джархеч (Вірменська РСР); *7* — з родовища Пуштулім (Алтай); *8* — з родовища Уфалей (Урал).

Московський метрополітен ім. В. І. Леніна. Станція «Краснопресненська

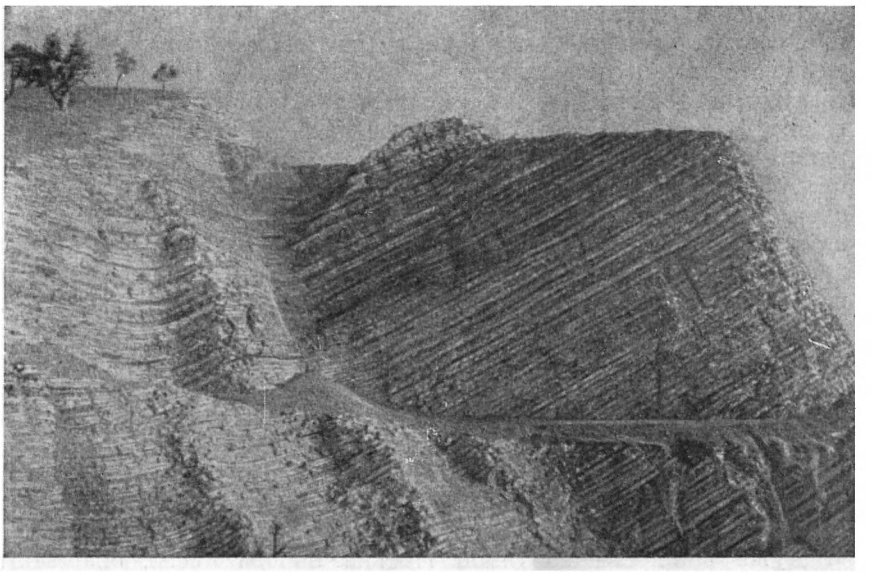


Московський метрополітен ім. В. І. Леніна. Станція «Серпуховська».

ваний пісок утворює п і с к о в и к; затверділі глини — г л и н и с т і с л а н ц і. Якщо до складу глинистого осаду входить значна кількість вапняної каламуті, то порода має назву м е р г е л ю. Все це — уламкові осадові породи. Вони виникли з уламків гірських порід, які існували колись і поступово були розмиті або зруйновані ріками, дощами, вітрами, морозом.

Уламкові осадові породи можуть утворитися не тільки в морі, а й на дні рік, озер і на суші.

У горах скупчуються великі гострокутні уламки гірських схилів, що руйнуються. Скупчення ці називаються щ е б е н е м. Ущільнюючись і цементуючись, щебінь поступово перетворюється в гірську породу — б р е к ч і ю[1].



Вихід пластів осадових гірських порід поблизу Новоросійська. У цьому районі видобувають сировину для цементної промисловості.

У пустинях, де руйнівна діяльність вітру величезна, нагромаджується велика кількість пісків, які утворюють піщані горби — бархани. Тонкий пил переноситься вітром на окраїни та за межі пустинь і, відкладаючись тут, утворює своєрідну легку і пористу породу — л е с. Утворюється лес, на думку вчених, і іншими способами.

На півночі і в середніх широтах нашої країни є багато грубих, червоно-бурих піскуватих суглинків з великими уламками каменів — валунами. Ці валунні суглинки являють собою м о р е н у, відкладену величезними льодовиками, які вкривали колись великі простори СРСР, Західної Європи і Північної Америки.

На схилах ярів і річкових долин дощові потоки і талі води відкладають тонкі глинисто-піщані наноси — д е л ю в і й.

Усі осади, що намиваються ріками і нагромаджуються в їх руслах і вздовж берегів (річкові гальки, піски, глини), називаються а л ю в і є м, або алювіальними наносами.

У теплих тропічних морях існують величезні колонії коралів, які утворюють так звані к о р а л о в і р и ф и. Рифи тягнуться іноді на сотні кілометрів. Хвилі розбивають відмерлі частини рифу і перетворюють їх у дрібні уламки, які теж осідають на дно океанів.

У морях живуть різноманітні організми: водорості, молюски, голкошкірі (морські лілії, морські їжаки, морські зірки). Тверді рештки усіх цих тварин і рослин збираються на дні у вигляді осаду. Панцири і скелети деяких тварин, рештки рослин скупчуються на дні океану протягом тисяч і мільйонів років у величезних кількостях, утворюючи потужні товщі осадових гірських порід.

У шарах давніх осадових порід дуже часто знаходять черепашки, скелети, відбитки організмів, які жили в ту епоху, коли нагромаджувався відповідний шар. По цих скам'янілостях геологи визначають, в яких умовах (в морі, озері чи на суші) і в яку геологічну епоху утворилась дана гірська порода.

У глибоководних частинах океану, куди вже не потрапляє глинистий матеріал, осад дна складається з мулу — решток дрібнісіньких водоростей діатомей, вкритих тонкою міцною крем'яною оболонкою, а також одноклітинних тварин радіолярій з крем'яним скелетом.

Матеріал для утворення своїх скелетних частин діатомеї і радіолярії беруть з солей, розчинених у морській воді.

Пізніше, твердіючи, діатомовий мул перетворюється в гірську породу д і а т о м і т. Близька до діатоміту і гірська порода т р е п е л, яка містить у собі, крім решток діатомових водоростей, також рештки радіолярій та інших тварин.

[1] *Брекчіями* називають також породи, які заповнюють тріщини, що утворюються при розривах і переміщеннях пластів землі.

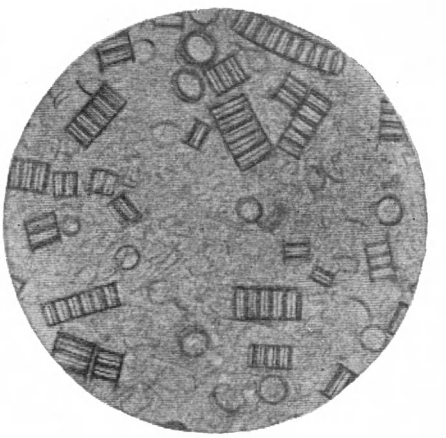
Поряд з організмами, що мають скелет з кремнезему, є рослини й тварини, в яких скелети або черепашки складаються з вапна. Це вапно тварини й рослини беруть з солей морської води. До них належать деякі водорості, що відкладають вапно в своїх клітинах або навколо них, і різні тваринні організми: двостулкові і черевоногі молюски, коралові поліпи, одноклітинні форамініфери та ін.

Серед давніх осадових порід у деяких районах нашої країни (наприклад, у басейні р. Дону, на Україні, в Поволжі) трапляється біла писальна крейда — затверділий морський осад, що складається з решток найдрібніших тварин — форамініфер. Якщо розглянути під мікроскопом порошок крейди, а також діатоміту або трепелу, змочений краплею води, можна побачити рештки організмів, з яких складаються ці породи.

Дуже поширена на Землі гірська порода **вапняк**. Це теж давній морський осад. На відміну від крейди, вапняк складається з уламків скелетів порівняно великих морських організмів: черепашок молюсків, панцирів і голок морських їжаків, скелетів коралових поліпів. У вапняку ці рештки можна побачити неозброєним оком.

Усі ці породи, що утворюються з решток скелетів різних організмів, називаються **органогенними осадовими породами**.

Морська вода містить у собі дуже багато солей. У місцях з жарким і сухим кліматом вода заток і лагун, зв'язаних з морем тільки вузькими протоками, а також деяких озер дуже випаровується і розчини солей стають перенасиченими. Починається кристалізація і осідання солей на дно. Найчастіше це буває в басейнах з малим припливом прісних вод. Так утворюються шари **гіпсу, кам'яної солі** і деяких інших солей. Такі породи належать до **хемогенних осадових порід**.



Діатоміт під мікроскопом.

Крейда під мікроскопом.

У нашій країні грандіозне осідання кам'яної солі відбувається в знаменитих озерах Ельтон і Баскунчак, а також у затоці Каспійського моря Кара-Богаз-Гол, де відкладається сірчанокисла сіль натрію — **мірабіліт**.

Процес відкладання осадів відбувається не завжди безперервно і рівномірно. Під час повені ріки несуть більші частинки, переважно пісок і гравій, а коли вода спадає, виноситься тільки найдрібніший матеріал або ж винесення припиняється зовсім. Тому на дні озера або моря, куди ріка доставляє свою ношу, осад відкладається окремими шарами.

У межах кожного шару матеріал може бути різний: крупнозернистий і дрібнозернистий. Товщина шару, або, як кажуть геологи, його **потужність**, може залишатись однаковою на значному протязі або змінюватись.

Коли пласт поступово тоншає і зникає зовсім, відбувається так зване **виклинювання пласта**.

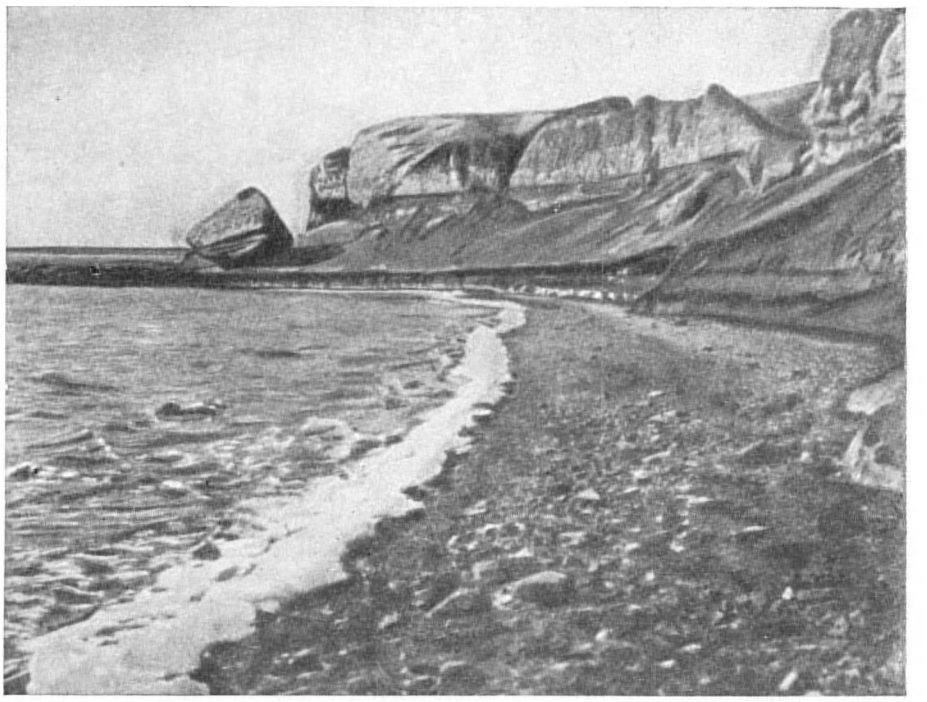
Ми вже говорили, як виникають осадові породи на дні морів і озер. Проте на цьому не кінчається їх історія. Внаслідок повільних багатовікових переміщень окремі ділянки земної кори, які довгий час були морським дном, піднімаються над рівнем моря і утворюють сушу. Новоутворена суша поступово розмивається ріками, і тому давні осадові породи можна побачити на кручах і крутих схилах. Багато гір на Землі складені з осадових порід. Наприклад, Уральські гори складені з вапняків, пісковиків, конгломератів, глинистих і кременистих сланців (див. стор. 168).

Яке ж значення мають осадові породи для народного господарства? Серед цих порід залягають найважливіші корисні копалини: **залізні, алюмінієві і марганцеві руди**. Іноді ці родовища тягнуться на десятки кілометрів, наприклад, керченські залізні руди. Ці рудні родовища утворюються в морях і озерах вна-

слідок поступового нагромадження осадів з річок, що впадають у ці водойми, бо річкові води іноді можуть містити в собі велику кількість заліза, алюмінію або марганцю у вигляді різних сполук.

Такі поширені гірські породи, як піски і глини, широко застосовуються в промисловості. Мільйони тонн піску і гравію використовують щороку на будівництві шосейних шляхів і залізничного насипу. Особливо чисті піски, які складаються виключно з зерен мінералу кварцу, йдуть на виготовлення скла і виробництво вогнетривкої цегли.

Глина — сировина для виготовлення звичайної цегли; деякі сорти глини йдуть на виготовлення фарфору.



Затока Кара-Богаз-Гол біля підніжжя обриву Мангишлакського плато. Хвилі викидають сіль на берег.

Чудовим будівельним матеріалом є вапняк. Крім того, його застосовують як флюс (плавень) у доменному процесі (див. примітку на стор. 130) і як цінну сировину для цементного виробництва.

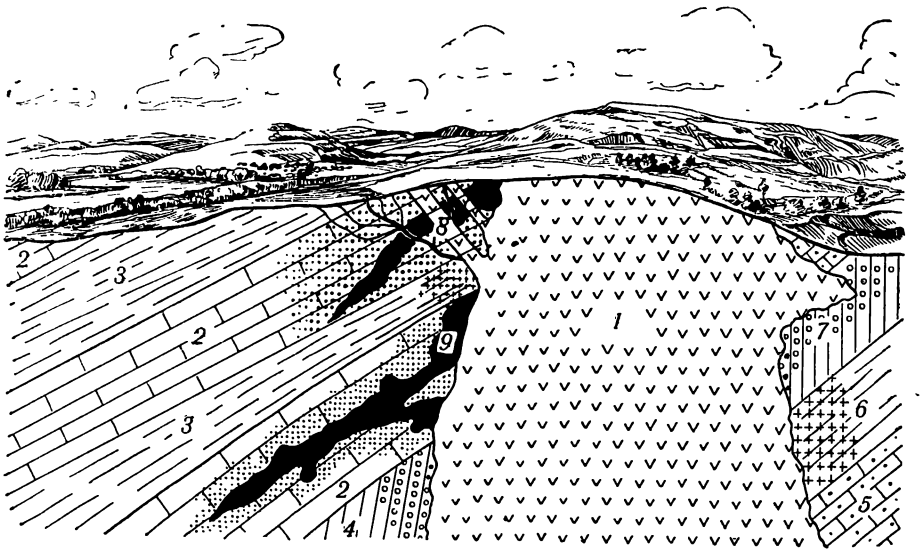
Трепели і діатоміти — прекрасний фільтруючий (очищає від домішок) матеріал для очищення різних нафтових продуктів і широко застосовуються також для виготовлення вогнетривкої і легкої цегли.

Таким чином, більшість осадових гірських порід використовується в народному господарстві.

Вивчаючи свій край, ви, безперечно, знайдете осадові породи, які будуть потрібні різним галузям народного господарства — промисловості, будівництву, сільському господарству. Цим ви принесете велику користь своїй Батьківщині.

ЧУДЕСНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ОСАДОВИХ ПОРІД (МЕТАМОРФІЗМ)

Гірська порода, що утворилася на тій чи іншій глибині в земній корі або на її поверхні, не лишається незмінною. За десятки й сотні мільйонів років одні області земної кори опускались, заливались морем, дно якого поступово вкривалось потужними товщами нових осадів, так що породи, що утворилися колись на поверхні земної кори, опинились на великій глибині. Інші ділянки, навпаки, стискуючись потужними силами Землі у складки, здимались у вигляді величезних гір і хребтів. Коливання температури, робота води, льоду, вітру руйнували вершини гір, і на поверхню виступили породи, підняті з глибин горотворними силами. Звичайно, при цих переміщеннях гірські породи не могли лишатися такими, якими вони були напочатку, коли перебували в інших умовах.



Заглиблення магми в осадові породи:

1 — глибинна магматична порода; *2* — вапняки; *3* — глинисті сланці; *4* — пісковики і кварцити; *5* — вапняки, перетворені в мармур; *6* — глинисті сланці, що перейшли в роговики; *7* — перекристалізовані кварцити і роговики; *8* — жили виверженої породи і рудні жили; *9* — залізорудні тіла.

Тривалі спостереження геологів показали, що одні породи руйнуються на поверхні землі, розпадаються на дрібні частинки, що відкладаються в морях, озерах і пустинях; інші ж, потрапивши в глибші ділянки земної кори, так змінюються, що іноді їх і пізнати майже неможливо. Усі зміни, що відбуваються в глибоких ділянках земної кори і надають гірським породам нового вигляду і складу, називаються **метаморфізмом**[1], а змінені гірські породи — **метаморфічними породами**.

Земна кора складається з щільної маси гірських порід, тому всі породи, що лежать нижче, зазнають тиску від ваги тих, що лежать вище. Можна обчислити зміну тиску на різних глибинах земної кори: 1 $м^3$ гірської породи важить у середньому близько 2500 *кГ*; це значить, що стовпчик породи в 1 *м* заввишки тисне на 1 $см^2$ з силою близько $^1/_4$ атмосфери. На глибині 10 *км* тиск буде в 10 000 раз більший, тобто 2500 атмосфер, а на глибині 30 *км* — близько 8000 атмосфер.

Крім того, в надрах землі відносно висока температура.

Таким чином, умови, в яких перебувають гірські породи в глибинах землі і на поверхні, різні. Тому гірська порода, що утворилася на поверхні землі або на дні моря (пісок, глина, вапняк та ін.) і опустилася за десятки мільйонів років свого існування в глибини земної кори на 10, 20 і більше кілометрів, не може лишитися без зміни. Під дією величезних тисків і високої температури великих глибин гірська порода видозмінюється, перекристалізовується, перетворюється в метаморфічну породу.

На великих глибинах породи можуть навіть переплавлятися. При цьому знову утворюється магма, яка, піднімаючись і застигаючи, може дати початок новим магматичним породам. Перетворення гірських порід (метаморфізм), яке відбувається внаслідок опускання їх у глибші частини земної кори, часто захоплює великі площі. Метаморфізму зазнають як осадові, так і магматичні породи.

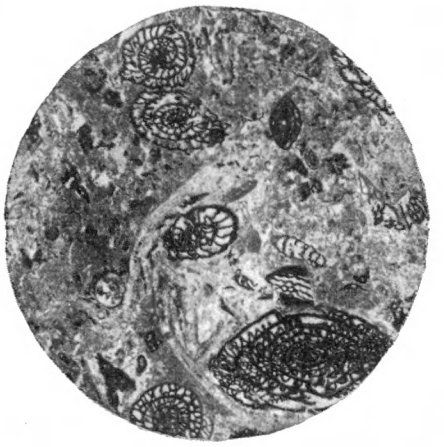
Іноді порода може змінюватися і з іншої причини. Піднімаючись з надр землі, магма заглиблюється у товщі твердих порід земної кори, частково розплавляє їх. В місцях зіткнення (контакту) з магмою тверді породи дуже змінюються. Крізь тріщини і пустоти земної кори проходять водяна пара і гази, що виділяються з магми, яка повільно остигає. Вони несуть з собою сполуки різних хімічних елементів, які поступово розчиняють і замінюють новими мінералами первісну породу. При цьому порода метаморфізується іноді на значну відстань від контакту (3—5 і навіть 10—15 *км*). Породи можуть змінюватися і під впливом сильного бічного тиску.

Таким чином, метаморфізм усіх гірських порід, що опустилися з поверхневих частин у глибини земної кори, залежить від трьох причин: 1) дуже великого тиску; 2) високої температури і 3) хімічної дії розчинів, пари і газів, що виділяються з магми.

При метаморфізмі порід багато які з мінералів, що раніше були в них, стають нестійкими в нових умовах. З них утворюються нові мінерали, дуже характерні для метаморфічних порід, як, наприклад, гранати, слюди.

Новоутворені породи можуть мати й іншу

[1] Від грецького слова «метаморфозис» — зміна, перетворення.



Вапняк під мікроскопом. Видно уламки і великі черепашки кореноніжок, що називаються фузулінами.

Мармур під мікроскопом. Видно взаємопроростаючі неправильні кристали кальциту.

будову. Мінерали з голчастою або пластинчастою формами зерен (слюда, хлорит, рогова обманка та ін.) розміщуються паралельними, витягнутими в одному напрямі смужками, що чергуються з зернистими мінералами. Така будова має назву паралельно-смугастої. Коли порода складається з самих пластинчастих мінералів, маємо тонко-листувату структуру (сланцевату), як, наприклад, у слюдяних і хлоритових сланців. Іноді серед смугастої маси зберігаються окремі великі зерна твердіших мінералів (польовий шпат, гранат) округлої форми, які ніби вкриваються шарами і смужками. Це так звана очкова структура (будова), яка часто зустрічається в гнейсах. Нарешті, метаморфічна порода може бути складена із зерен мінералів, подрібнених великим тиском.

Таким чином, осадові і вивержені породи, переходячи в метаморфічні, набувають і нової структури і нового мінералогічного складу. Вони перетворюються в кристалічні сланці. Глини і глинисті сланці переходять при метаморфізмі в слюдяні, хлоритові і талько-хлоритові сланці, пісковики — в кварцити, вапняки — в мармур, глинисті пісковики і ті, що містять у собі польовий шпат,— у гнейси, гранітні вивержені породи при метаморфізмі теж утворюють гнейси.

Гнейси — найбільш поширена метаморфічна гірська порода. Гнейси складають найдавніші за віком ділянки земної кори. Склад гнейсу цілком подібний до граніту — кварц, польовий шпат, слюди, рогові обманки тощо.

Метаморфічні сланці.

Вазочка з темного білорічиту.

Проте гнейс легко відрізнити від граніту по характерній смугастості (чергування світлих і темних смуг), по частій наявності в складі породи гранату, а в деяких випадках — по очковій структурі.

У природі (наприклад, у нас в СРСР на Кольському п-ві, в Карелії, на Україні, на Уралі, в Прибайкаллі і т. д.) часто спостерігаються переходи від справжніх зернистих гранітів до смугастих їх різновидностей і до справжніх гнейсів. Такі проміжні породи називають г р а н і т о г н е й с а м и.

Дуже поширені метаморфічні сланці, як, наприклад, слюдяні, талько-хлоритові, слюдяно-гранатові, хлоритові. Мінералогічний склад їх іноді ясний вже з самої назви.

Жителі Карелії, Кавказу, Уралу, Східного Сибіру і гірських областей Середньої Азії можуть часто спостерігати в ущелинах рік і ярів потужні пачки то сріблястих, блискучих листуватих порід, то темно-зелених, іноді жирних на дотик, то щільних чорних, що розколюються на тонкі гладенькі плитки. Це метаморфічні с л а н ц і. Деякі з них (аспідний, покрівельний сланці) дають прекрасний — міцний і гарний — матеріал для покриття будинків.

Дуже цінні для господарства міцні тверді породи — к в а р ц и т и, що складаються з найдрібніших частинок кварцу, спресованих під величезним тиском. Коли ці породи утворюються внаслідок метаморфізації пісковику, разом з яким нагромаджувались у величезній кількості частинки бурих окислів заліза, то кварцити являють собою цінну залізну руду — так звані з а л і з и с т і к в а р ц и т и. Найбільші родовища заліза на Кольському п-ві, у Кривому Розі, у районі так званої Курської магнітної аномалії складаються з таких смугастих залізистих кварцитів. Вони належать до дуже давніх геологічних відкладів.

Чисті щільні кварцити — то білі, то ніжно-рожеві (білорічит на Алтаї), то коричнево-червоні (шокшинський камінь у Карелії) — чудовий матеріал для пам'ятників та художніх виробів. Шокшинським кварцитом обличковано Мавзолей В. І. Леніна в Москві.

Дуже гарні художні вироби з ніжно-рожевого білорічиту виходять з-під рук майстрів Коливанської фабрики на Алтаї. М а р м у р, як ви тепер вже знаєте,— це перекристалізований вапняк. Сірий, непоказний вапняк у глибоких надрах землі під величезним тиском і високою температурою перетворюється у красивий мармур вигадливих рисунків. Розцвітка мармуру залежить від наявності в ньому окислів заліза, зеленого хлориту та інших розпилених мінералів.

Вестибюлі московського, ленінградського та київського метро і зали палаців Ленінграда оздоблені мармуром з чудовими візерунками. Цей самий мармур можна побачити у величезних залах електростанцій; з нього зроблено дошки, на яких укріплено рубильники та вимірювальні прилади.

Знати, які породи виходять на поверхню землі в тому чи іншому районі, дуже важливо. З виходами метаморфічних порід зв'язані родовища таких цінних корисних копалин, як залізні руди, тальк, гранат та ін. Деякі метаморфічні породи, як мармур, покрівельний сланець, граніто-гнейси та ін., широко застосовуються в нашому будівництві.

Вивчення і відкриття нових родовищ метаморфічних гірських порід має велике значення для успішного розвитку народного господарства. Юні читачі можуть принести велику користь своїй Батьківщині, беручи участь у розвідуванні надр.

Скарби надр Землі

ЧОРНІ МЕТАЛИ

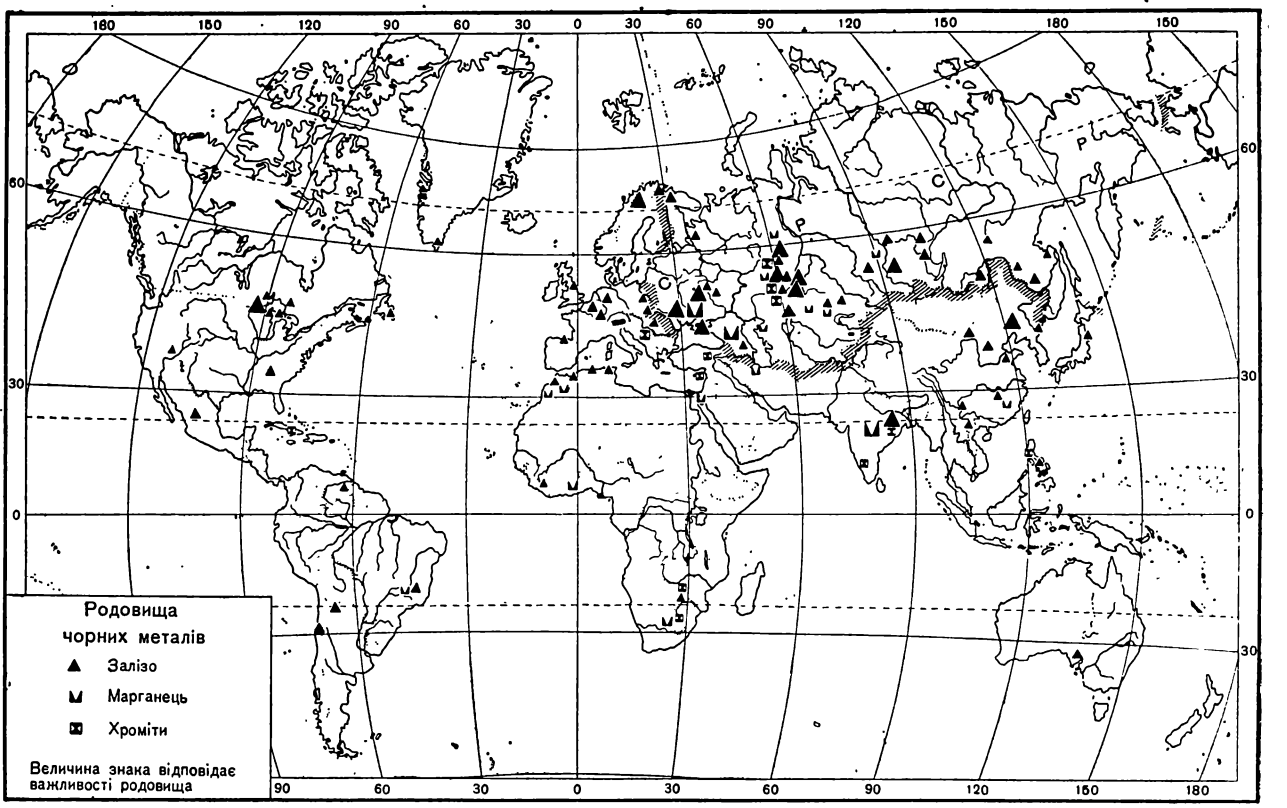
До чорних металів належать: **залізо** і сплави його з вуглецем — **чавун** і **сталь**, потім **марганець**, **хром** і деякі інші метали, які додають до сталі, щоб поліпшити її якість.

Чорні метали використовують всюди. Каркас («кістяк») висотного, багатоповерхового будинку і величезний океанський корабель, автомобіль і тепловоз, трактор і комбайн, молоток, сокира, пилка, ніж і перо в ручці — усі ці великі й малі предмети зроблено з чорних металів.

Залізо в сполуці з іншими елементами дуже поширене в природі. У гірських породах що складають земну кору, в середньому близько 5% заліза. Жодна рослина, жодна тварина не може розвиватися без заліза. В організмі людини, наприклад, є близько 5 *г* заліза. Воно входить до складу гемоглобіну, барвної речовини крові.

Чисте металеве залізо трапляється в природі дуже рідко, головним чином у метеоритах, які зрідка падають на Землю з міжпланетних просторів.

Маючи велику спорідненість з киснем, залізо швидко вступає з ним у хімічну сполуку, особливо якщо на поверхню заліза попадає волога. Залізні предмети від вологи вкриваються іржею жовтого або яскраво-коричневого кольору. Іржа — не що інше, як сполука заліза з киснем і водою. На поверхні землі залізні руди теж переходять у водні окисли заліза. Головні залізні руди — **магнітний**



Карта родовищ чорних металів.

залізняк, або магнетит, бурий залізняк, або лимоніт[1], і червоний залізняк, або гематит[2]. Бурий залізняк, або лимоніт, утворюється від сполучення заліза з киснем і водою.

РОДОВИЩА РУД ЧОРНИХ МЕТАЛІВ В СРСР

У Радянському Союзі є багатющі родовища руд заліза, марганцю і хрому.

Магнітний залізняк, або магнетит,— чорний мінерал з металічним блиском, який має чудову властивість — магнітність. Якщо його піднести до стрілки компаса, то один кінець її відштовхуватиметься від куска мінералу, а другий притягуватиметься до нього. Деякі зразки магнетиту мають магнітність такої сили, що дрібні кусочки заліза або сталі «прилипають» до нього.

У місцях залягання магнітних руд стрілка компаса поводить себе зовсім не так, як звичайно. Її темний кінець, замість того щоб показувати напрям на північ, відхиляється в бік покладів руди, і тим дужче, чим вони більші і чим ближче лежать до поверхні землі. Тому, спостерігаючи в різних місцевостях відхилення магнітної стрілки, можна відкрити поклади залізних руд під землею. Так в СРСР було відкрито Курську магнітну аномалію[1].

А в 1949 р. у Кустанайській області Казахстану виявили велике Сарбайське родовище залізних руд. Відкрив його льотчик Михайло Сургутанов. Пролітаючи літаком над одиноким курганом, здивований льотчик помітив, що стрілка компаса швидко закрутилася, як це буває звичайно в районах магнітної аномалії.

---

[1] Від грецького слова «леймон», що означає «лука» (за місцезнаходженням лимоніту у вогких місцях, болотах).

[2] Від грецького слова «гема», що означає «кров»,— кривавий. Мінерал названо так за забарвленням риски, яку він лишає на білій неглазурованій фарфоровій пластинці.

[1] Грецьке слово «аномалія» означає відхилення від норми, у даному разі — відхилення магнітної стрілки від звичайного напряму.

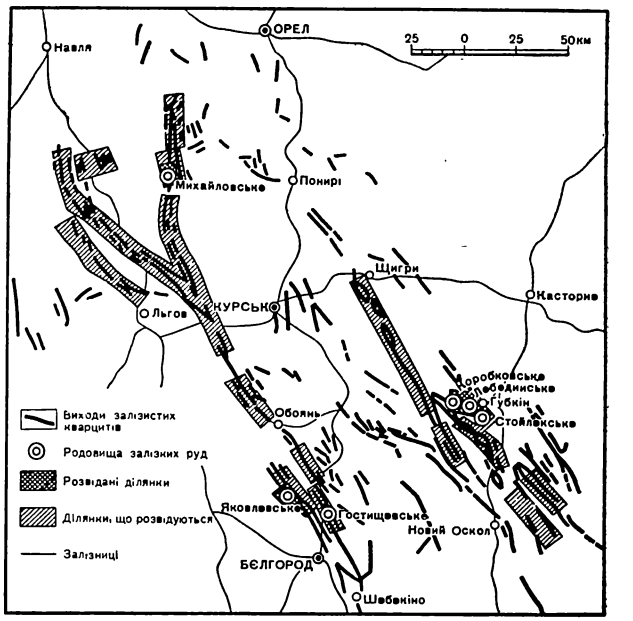
У цих місцях геологи-розвідники, користуючись даними льотчика, відкрили величезне Соколовське родовище магнітного залізняку. Запаси залізних руд перевищують у ньому 10 млрд. *т*. Тепер у цих місцях виник Соколовсько-Сарбайський гірничозбагачувальний комбінат.

Магнітний залізняк — багата залізна руда: вона містить у собі до 72% чистого заліза. З магнітного залізняку складаються цілі гори, як, наприклад, відомі вам на Уралі гори Магнітна, Благодать і Висока. У дуже далекі часи вогняно-рідка гранітна магма заглибилась у шари вапняку та інших порід. При застиганні магми залізо, яке в ній містилося, звітрилось з парою і газами по тріщинах у навколишні породи, вступило з ними в хімічну сполуку. Так утворились залізні руди гори Магнітної та ін. На рудах гори Магнітної в роки першої п'ятирічки, у 1928—1932 рр., було збудовано гігант чорної металургії — знаменитий Магнітогорський завод.

Червоний залізняк, або гематит, дуже поширений у найдавніших кристалічних породах у Кривому Розі і в Курській та Бєлгородській областях. Вчені гадають, що руди ці утворились осадовим шляхом на дні неглибоких морів або озер і напочатку являли собою бурі залізняки. Потім шари земної кори з пластами бурих залізняків були вкриті новими товщами осадових порід і опустились на велику глибину, де завжди високі температури і великий тиск. Там водні окиси заліза втратили воду і перетворились в безводний окис заліза — гематит. Руди гематиту бувають у трьох різновидностях: землисті тонкозернисті маси, що мають червоне забарвлення, або у вигляді чорних лусочок і пластинок («залізний блиск») і, нарешті, у вигляді щільного залізно-чорного мінералу. Проте і ці чорні різновидності, якщо провести ними по неглазурованій фарфоровій пластинці, дають вишнево-червону риску.

Криворізькі руди червоного залізняку славляться своєю чистотою. В них майже немає фосфору і сірки, шкідливих домішок, які роблять залізо крихким.

У районі Курської магнітної аномалії, у недавно відкритій Бєлгородській групі родовищ, залягають підземні «залізні хребти» — величезні родовища залізних руд. Давні породи, що містять у собі залізні руди, залягають тут на глибині 100—200 *м* під товщею значно молодших осадових порід. Окремі родовища залягають на меншій глибині і розробляються відкритими кар'єрами. Крім скупчень багатих руд, що містять у собі від 50 до 65% заліза, величезні



Район Курської магнітної аномалії. Схема розташування родовищ залізних руд.

запаси заліза є в залізистих кварцитах — породах, що складаються з кварцу з вкрапленниками магнетиту і гематиту. На величезній площі Курської аномалії лежать найбільші в світі запаси залізистих кварцитів і величезні родовища багатих залізних руд.

Бурі залізняки, або лимоніти, утворюються з різних сполук заліза, що вимиваються поверхневими водами з гірських порід, які руйнуються. Коли води, де сполуки заліза є звичайно в незначній кількості, попадають в озера або мілкі затоки морів, залізо поступово випадає з них і осідає на дно. Це дуже складний хімічний процес, що відбувається з участю бактерій і водоростей. Мінерал лимоніт на дні озера за 20—30 років утворює шар руди 10—15 *см* завтовшки. Такі руди на півночі СРСР називаються озерними, болотними, або бобовими рудами заліза. Бобовими вони називаються тому, що лимоніт утворюється у вигляді скупчень, які формою нагадують горошини або боби.

Одним з найбільших родовищ лимоніту є Керченське в Криму. Керченські руди дуже цінні ще й тому, що, крім заліза, містять у собі багато марганцю, ванадію і фосфору. Марганець і ванадій поліпшують якість сталі. Фосфор у малих кількостях — шкідлива домішка, але коли його багато, він цілком йде у шлак під час

плавлення руди і потім використовується для виготовлення добрив.

Щоб поліпшити якість сталі, надати їй більшої пружності, твердості або інших властивостей, до неї додають марганцю, хрому, титану, нікелю, ванадію і деяких інших металів. Ознайомимося з найважливішими з них.

Марганцеві руди — це сполуки марганцю з киснем; головними промисловими мінералами є піролюзит, псиломелан та ін. Вони зустрічаються у вигляді чорних землистих мас. Як і бурі залізняки, марганцеві руди утворюються на дні мілких морських заток від осідання марганцю з води під дією бактерій. В СРСР багатющі родовища марганцевих руд є біля Чіатури в Грузії, на Україні поблизу Нікополя та Великого Токмака і в інших місцях.

Рудою металу хрому є мінерал хроміт. Зовнішнім виглядом він трохи схожий на магнетит, але не має магнітних властивостей. Крім того, він дає буру риску на фарфоровій пластинці (у магнетиту риска чорна). Сполуки хрому, що утворюються з хроміту, застосовуються в хімічній, шкіряній (дубителі) та інших галузях промисловості. Найбільші родовища хроміту на Північному і Південному Уралі.

Дуже важливі також титаномагнетитові руди. Титаномагнетитами називають магнетити, що містять у собі як домішку мінерал ільменіт (або титанистий залізняк). Ці руди цінні тим, що при виплавлянні вони дають особливо міцну сталь.

ЯК ДІСТАЮТЬ МЕТАЛИ З РУД

Значно раніше, ніж залізо, люди навчились добувати мідь і золото. Всього 450 років тому іспанці, висадившись у Центральній і Південній Америці, знайшли там багаті міста з величезними громадськими спорудами, палацами й храмами. Проте виявилось, що індійці ще не знали заліза. Знаряддя і зброю вони робили тільки з міді і каменю.

З історії відомо, що народи Єгипту, Месопотамії і Китаю за 3—4 тис. років до н. е. провадили величезні будівельні роботи, щоб приборкати силу могутніх рік і спрямувати воду на поля. Для всіх цих робіт потрібно було багато знарядь — кирок, мотик, плугів, а для захисту від наскоків кочовиків—багато зброї — мечів і стріл. Разом з тим міді й олова видобувалось не так вже й багато, а тому розвиток виробництва вимагав нового металу, більш поширеного в природі. Шукати цей метал було нелегко: руди заліза мало схожі на метал, і в давнину людині, звичайно, важко було догадатися, що саме в них є потрібний їм метал. Крім того, само по собі залізо дуже м'яке, для виготовлення знарядь праці і зброї воно поганий матеріал.

Минуло багато часу, поки людина навчилася діставати залізо з руд і робити з нього чавун і сталь.

Можливо, що перші відкриття заліза як матеріалу для виготовлення різних предметів зв'язані із знахідками залізних метеоритів, що складаються з самородного заліза з домішкою нікелю. Можливо, спостерігаючи, як метеоритне залізо іржавіє, люди догадались, що залізо міститься у жовтих землистих вохрах, які часто можна бачити на поверхні землі, а потім відкрили способи виплавляння заліза.

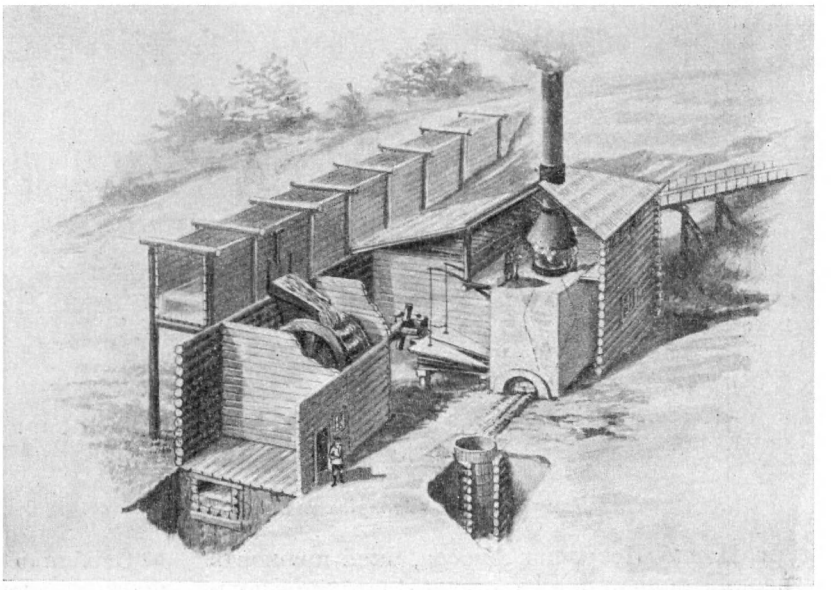
За історичними даними, приблизно за тисячу років до н. е. в Ассирії, Індії, Урарту і деяких інших країнах вже вміли добувати і обробляти залізо. З нього виготовляли знаряддя праці і різну зброю. У VII ст. до н. е. землеробське населення, що жило по Дніпру і в причорноморських степах, теж уміло добувати залізо. З нього скіфи виготовляли ножі, мечі, наконечники для стріл і списів та інші предмети військового і домашнього вжитку.

Добування і вміння обробляти залізо були дуже поширені по всій стародавній Русі. Ковалі, які звалися в народі «хитрунами», за тих часів не тільки обробляли, але звичайно самі і виплавляли залізо з руд. Їх дуже поважали. У народних сказаннях коваль перемагає Змія Горинича, який уособлював злі сили, і робить багато інших героїчних подвигів.

Залізо — м'який метал, який добре піддається куванню, але в чистому вигляді непридатний для виготовлення інструменту. Тільки сплави заліза з іншими речовинами надають йому необхідних властивостей, в тому числі і твердості. Найважливішими для народного господарства є два сплави заліза з вуглецем — чавун, що містить у собі від 2 до 6% вуглецю, і сталь, що містить від 0,04 до 2% вуглецю.

За стародавніх часів люди не мали уявлення про чавун, але навчились виготовляти сталь із заліза. Залізо вони виплавляли у примітивних горнах, змішуючи залізну руду з деревним вугіллям. Високої температури, необхідної для виплавляння заліза з руди, вони досягали, застосовуючи звичайні повітродувні міхи. Їх приводили в рух руками, а пізніше — силою води, ставлячи водяні млини. Після плавлення залізної руди утворювалась спечена маса зернистого заліза, яку потім кували на ковадлах.

Щоб дістати з заліза сталь, тонкі штабки покованого заліза обкладали деревним вугіллям і прожарювали разом з ним кілька днів. Звичайно, такий спосіб давав мало сталі, і вона коштувала дорого. Секрети виготовлення сталі щонайсуворіше оберігались. Особливо знаменитою була дамасська сталь — булат,— спосіб виготовлення якої розробили, мабуть, староіндійські майстри, а потім його освоїли арабські майстри.



Доменний амбар Звенигородського заводу, заснованого в 1675 р. (Реконструкція).

Проте всі ці способи обробки залізної руди і діставання сталі давали мало металу. Дедалі більша потреба в ньому примушувала людей шукати нові способи діставання значно більших кількостей металу. В кінці XIV або на початку XV ст. горнові печі для плавлення заліза стали будувати вже в 2—3 *м* заввишки, щоб мати більше металу. Майстри, що плавили метал у цих печах, помітили, що деякі плавки виходять невдалими. Замість заліза у печі утворювалась схожа на залізо маса, що перетворювалась після остигання в крихку речовину, яку не можна було кувати. Але на відміну від заліза і сталі ця маса мала чудову властивість: вона утворювалася в печі в розплавленому стані у вигляді рідини, її можна було випускати через отвори в печі й робити з неї виливки різної форми. Це й був чавун.

Звичайно, в давнину металурги не вміли пояснити, чому в одних випадках у печі спікалося ковке залізо, а в інших — виходив рідкий чавун. Хімії як науки за тих часів не існувало, і ніхто з майстрів, які виготовляли залізо, не міг знати, що вся справа полягала в пропорції між рудою, вугіллям і повітрям, яке надходило в піч під час плавлення. Чим більше подається в піч повітря (точніше — кисню), тим більше вуглецю вигорить, і він перетвориться у вуглекислий газ, що вилетить у повітря, і в залізі залишиться мало вуглецю: так виходить сталь. А якщо повітря менше, то багато вуглецю розчиняється в залізі: утворюється чавун.

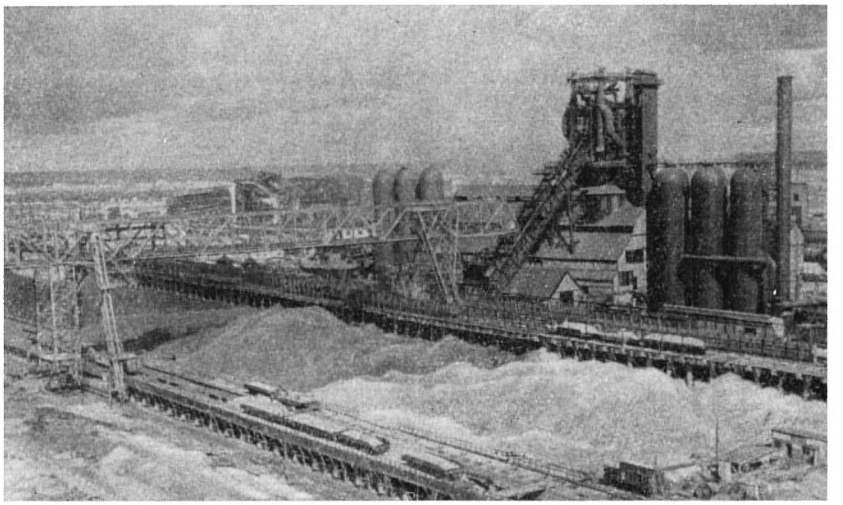
Досить швидко люди навчились використовувати чавун не тільки для литва, але й для виготовлення з нього ковкого заліза. Для цього шматок чавуну розігрівали в горнах і тим самим випалювали з нього зайвий вуглець.

Для виготовлення парових машин і ткацьких верстатів після їх винайдення в XVIII ст. і особливо для будування залізниць на початку XIX ст. потрібна була величезна кількість металу. Знову у виробництво заліза і сталі треба було вносити докорінні зміни.

На 1784 р. в Англії Корт запровадив переробку чавуну в так званих полуменевих, або відбивних, печах. Цей процес назвали пудлінгуванням. У відбивній печі стали застосовувати кам'яне вугілля замість деревного. Використанню кам'яного вугілля для плавлення заважала сірка, яку містить у собі вугілля. Вона проникала в залізо, коли воно стикалося з вугіллям, а залізо, що містить у собі сірку, ставало ламким, як тільки його нагрівали.

У відбивній печі топка відокремлена порогом від ванни, де плавиться чавун, і тому вугілля безпосередньо не стикається з чавуном. Чавун нагрівається полум'ям і розжареним повітрям, що проходить над ним з топки і відбивається від склепіння печі. Одночасно з удосконаленням способу виплавляння чавуну посилено шукали нових способів виготовлення сталі.

Таємницю виготовлення дамасської сталі — булату — відкрив знаменитий російський мета-



Домна заводу «Запоріжсталь».

лург Павло Петрович Аносов, який працював у першій половині XIX ст. на Златоустовському металургійному заводі. У маленьких тиглях він сплавляв залізо з графітом, який теж являє собою вуглець, і дістав чудову дамасську сталь. Клинок з цієї сталі був міцніший за найміцнішу англійську сталь, яку тоді вважали найкращою в світі.

У 1856 р. англійський інженер Бессемер запропонував продувати повітря в «сопла» — отвори в днищі реторти — крізь розплавлений чавун, завдяки чому за 10—20 хвилин усе зайве вугілля перетворювалось у вуглекислий газ, а чавун — у сталь.

Пізніше великого поширення набув спосіб виплавляння сталі у відбивних печах, який називається мартенівським. Мартенівські відбивні печі багато кращі від старих відбивних печей. У спеціальних установках мартенів — регенераторах — повітря і горючий газ, що утворюється з кам'яного вугілля, спочатку нагріваються до 1000° теплом димових газів, що йдуть з тієї ж печі. Підігрівання газу й повітря сприяє розвиткові (при горінні газу) температури близько 1800°. Цього досить для розплавлення чавуну і стального брухту.

Особливо високоякісну сталь тепер виплавляють в електропечах, де метал плавиться у вольтовій дузі, температура якої досягає 3000°. Переваги електроплавлення полягають у тому, що метал не засмічується шкідливими домішками, які завжди бувають у газах палива, спалюваного у звичайних печах. У Радянському Союзі з його величезним виробництвом дешевої електроенергії електроплавленню належить велике майбутнє.

Чавун виплавляють у доменних печах. На наших заводах є домни, які дають понад півтори тисячі тонн чавуну за добу. Висота сучасної домни разом з допоміжними пристроями 40 і більше метрів.

Вантаження руди на руднику.

Важку працю завантажування домни на наших заводах цілком механізовано. На верху домни, куди подається засипний матеріал, тепер немає людей, їх заміняють автомати.

Щоб знизити температуру плавлення залізної руди, до неї додають флюс, або плавень,— речовину, яка, сполучаючись з деякими складовими частинами руди, утворює легкоплавкий шлак. Звичайно як флюс застосовують плавиковий шпат, або флюорит, вапняк та ін. Суміш руди й флюсу називається шихтою. Шихту

насипають у доменну піч вперемішку з коксом, який, згоряючи, нагріває і плавить усю суміш. Кокс горить нормально тільки тоді, коли в піч вдувається повітря, нагріте до 600 — 850°. Повітря нагрівається газами, що відходять з домни, у стальних баштах — к а у п е р а х, викладених усередині цеглою.

У крайній нижній частині печі розжарений кокс, зустрічаючись з гарячим повітрям, згоряє. При цьому утворюється вуглекислий газ (CO_2). Піднімаючись вгору, він перетворюється в інший газ — окис вуглецю (CO), що відзначається високою хімічною активністю.

Окис вуглецю жадібно відбирає кисень від окислів заліза. Таким способом звільняється металеве залізо, що містить у собі вуглець, тобто чавун, який потім стікає в нижню частину домни. Час від часу його випускають через спеціальний отвір у печі, і він стікає в форми, де й остигає.

ЧОРНІ МЕТАЛИ — ОСНОВА НАШОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Для виконання програми великих робіт по будівництву комунізму нашій країні потрібно дуже багато чорних металів. Потреба в них зростає рік у рік. Кожну щоглу електропередачі (заввишки з 5—6-поверховий будинок) роблять із сталі, а таких щогл на нашій території встановлюють багато тисяч. А верстати, машини, рейки, каркаси будинків!

Комуністична партія і Радянський уряд завжди приділяли і приділяють величезну увагу розвитку геологічних розвідок, видобуванню руд чорних металів і будівництву нових і нових металургійних заводів.

Способи виплавляння чорних металів докорінно вдосконалюються у нас на очах. На наших рудниках, де видобувають залізні і марганцеві руди, на допомогу землекопові і шахтареві — вибійникові і відкатникові — прийшли екскаватори, гірничі комбайни, електровози.

Радянські металурги наполегливо добиваються вдосконалення роботи домен; новий спосіб — вдування в печі замість повітря чистого кисню — значно збільшує швидкість плавки і випуск металу. Радянські вчені перші широко застосували кисень у металургії. Продуктивність мартенівських печей при вдуванні кисню збільшується на 10—30%.

У мартенівському цеху металургійного заводу «Запоріжсталь». Розливання сталі.

У семирічному плані розвитку народного господарства СРСР у 1959—1965 рр. особлива увага приділяється дальшому освоєнню природних багатств східних районів. Для цього намічено збудувати третю металургійну базу на основі відкритих за останні роки нових залізорудних родовищ Сибіру і Казахстану.

Найважливіші будови чорної металургії — Карагандинський металургійний і Єрмаківський феросплавний заводи у Казахстані. У Кустанайській області став до ладу найбільший у країні Соколовсько-Сарбайський гірничозбагачувальний комбінат. Величезного розмаху набрали роботи по освоєнню залізорудних багатств Курської магнітної аномалії і України. У 1965 р. сталі виплавлятиметься 86—91 млн. тонн, у півтора раза більше, ніж у 1958 р.

РІДКІСНІ І РОЗСІЯНІ МЕТАЛИ

ЗАГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ І ЗАСТОСУВАННЯ

Серед різноманітних багатств, які лежать у надрах землі, особливе значення мають рідкісні і розсіяні метали. Велика цінність рідкісних металів визначається тим, що вони мають такі властивості, які дають змогу використати їх у дуже важливих галузях промисловості, науки і техніки.

За прийнятою в металургії умовною класифікацією рідкісні метали поділяються на такі групи:

I. Група тугоплавких рідкісних металів, куди належать берилій, ванадій, титан, цирконій, молібден, тантал, ніобій і вольфрам.

II. Група легкоплавких рідкісних металів включає літій, рубідій і цезій.

III. Група розсіяних рідкісних металів, що об'єднує реній, гафній, германій, талій, телур, селен, індій, галій.

IV. Група рідкоземельних рідкісних металів: скандій, ітрій, церій, празеодим, неодим, прометій, самарій, європій, гадоліній, тербій, диспрозій, гольмій, ербій, тулій, ітербій, лютецій.

V. Група радіоактивних рідкісних металів об'єднує уран, радій, торій та ін.

Більшість рідкісних та розсіяних металів у земній корі міститься у дуже незначних кількостях, порядку тисячних часток процента (виняток становлять титан, ванадій, літій, берилій і деякі інші). Перебуваючи в таких незначних кількостях, ці метали дуже рідко утворюють промислові скупчення; трудність освоєння рідкісних металів у тому й полягає, що для них характерним є р о з с і я н и й стан у земній корі; тільки деякі з них утворюють власні мінерали (вольфрам, ванадій, молібден, літій, берилій та ін.).

Хоч селен, телур, талій, германій і утворюють мінерали, але вони трапляються в природі дуже рідко. Характерним для рідкісних металів є їх малий вміст у мінералах, з яких їх доводиться добувати для промислового використання.

Це значить, що руди рідкісних металів треба ще так обробити (як кажуть, збагатити), щоб вміст цих металів збільшився в них в 100—200 раз.

Руди рідкісних металів здебільшого дуже складні, тобто вони часто містять у собі по кілька дуже цінних для промисловості металів, і через те їх треба добувати комплексно, всі разом, а потім вже розділяти. Справа ця дуже складна і вимагає знання всіх фізичних і хімічних властивостей та особливостей кожного металу. Найчастіше рідкісні метали добувають попутно, розробляючи родовища тих металів, які сконцентровані в більшій кількості. Так, селен і телур можуть міститися в халькопіриті ($CuFeS_2$), а індій, галій, талій і германій — у сфалериті (ZnS). Перші метали дістають попутно з виплавлянням міді, другі — теж попутно, коли виплавляють з руди цинк.

Рідкісні метали відомі з середини XIX і початку XX ст. У дослідженні їх властивостей велику роль відіграла періодична система хімічних елементів, створена великим російським хіміком Д. І. Менделєєвим. Вона дала можливість передбачити властивості невідомих у той час металів (галію, германію, скандію) і сприяла тим самим їх відкриттю.

Поширеність рідкісних металів у земній корі досліджували у нас такі видатні вчені, як академіки В. І. Вернадський і О. Є. Ферсман.

Освоєння рідкісних металів стало можливим тільки завдяки величезним успіхам науки і техніки в XX ст. У свою чергу цінні властивості рідкісних металів сприяли багатьом цікавим відкриттям у галузі фізики і хімії. Слід мати на увазі, що ряд металів, об'єднуваних у групу рідкісних, тепер має таке широке й різноманітне застосування, що рідкісними їх називають умовно. Це передусім стосується групи тугоплавких рідкісних металів (титан, ванадій, вольфрам та ін.).

Властивості рідкісних та розсіяних металів дуже різноманітні і надзвичайно цінні.

У групу рідкісних металів входять, наприклад, найлегший з усіх відомих на Землі металів — літій і найважчий — уран, найбільш легкоплавкий — цезій і найбільш тугоплавкий — вольфрам. Цінні властивості всіх рідкісних металів використовуються з кожним роком все ширше й різноманітніше, і в цьому розумінні з ними дуже важко змагатися багатьом металам інших груп, які здавна використовує людина.

Найширше рідкісні метали використовуються в металургії для діставання сплавів, що мають цінні якості.

Рідкісні метали називають «вітамінами» сплавів, їх перетворювачами. І справді, додавання рідкісних металів до сталі й інших металів надає їм нових властивостей: стійкості при високих температурах, пружності, міцності, електропровідності і т. п.

Багато рідкісних металів використовується в приладобудуванні, радіотехніці, при автоматизації процесів виробництва. У цих галузях застосування рідкісних металів грунтується на явищі, що називається фотоефектом (виникнення електричного струму під дією світла). Прилади, в яких здійснюється це явище, мають назву фотоелементів. Фотоефект мають метали цезій, селен, рубідій. Фотоелементи вже зараз використовуються в дуже багатьох галузях. У майбутньому вони застосовуватимуться ще ширше. Адже людина здавна мріє безпосередньо використовувати світлову енергію Сонця для своїх потреб. Однією з можливостей цього може бути створення потужної фотоелектричної машини, основною частиною якої буде фотоелемент з цезію або селену. Фотоелемент перетворить сонячну світлову енергію в електричну, і тоді людство матиме невичерпне дешеве джерело енергії.

Рідкісні метали використовують також для виготовлення електронних ламп які є основою сучасної радіотехніки (радіоприймачів, телевізорів і т. д.). Створити електронну лампу без рідкісних металів неможливо. Для виготовлення електронної лампи потрібні молібден, вольфрам, цирконій, торій, берилій.

Рідкісні метали використовують для вимірювання високих температур; це роблять так званими термопарами — приладами, в яких від нагрівання дротинок з двох різних металів виникає електричний струм. Чим вища температура нагрівання, тим сильніший виникає струм. У термопарах використовується рідкісний дуже тугоплавкий метал реній.

Звичайним ртутним термометром можна вимірювати температуру тільки до +360°, при якій ртуть починає закипати. Вищі температури можна вимірювати тільки за допомогою рідкісних металів у термометрах, зроблених з вогнетривкого скла, при цьому ртуть замінюють рідкісним металом галієм. Він закипає при дуже високій температурі (2300°).

Дуже важливе застосування мають рідкісні метали — ванадій, вольфрам, молібден, берилій, реній та ін.— у хімічній промисловості як каталізатори (прискорювачі хімічних реакцій), де рідкісні метали поступово витісняють дорогу платину.

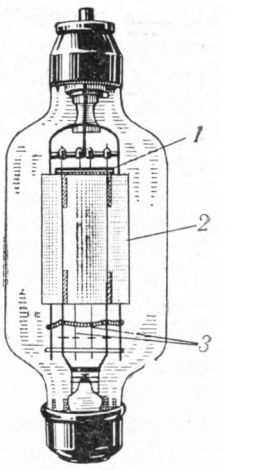
У томі 3 «ДЕ» ви можете ознайомитися з так званими напівпровідниковими елементами, до яких належать і деякі рідкісні метали: германій, селен, телур та ін. Їх особливі електричні властивості дають можливість вдосконалювати конструкції багатьох складних приладів.

Рідкісні раліоактивні метали — сировина для добування атомної енергії.

Але цим не вичерпується застосування рідкісних металів. Їх використовують у біології, а також у медицині. Хоч такі рідкісні метали, як радій, уран, торій, лантан, церій, самарій та ін., є в організмах тварин і в рослинах у дуже незначних кількостях, у мільйонних частках процента, але без них організми не можуть існувати. В медицині рідкісні метали використовують для лікування дуже багатьох захворювань.

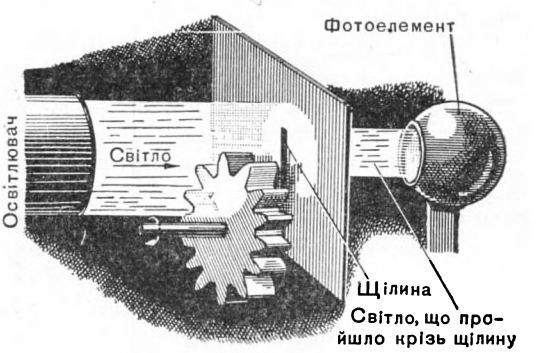
Додавання в грунт незначних часток радію сприяє ростові багатьох рослин.

Титан належить до групи рідкісних металів. Проте, як установлено, це один з найбільш поширених металів у земній корі: він становить за вагою 0,63% її. Гадають, що



Для виготовлення електронної лампи потрібні рідкісні метали:

1 — на сітку йде молібден; *2* — анод зроблено з танталу, ніобію, молібдену і цирконію; *3* — катод — з вольфраму; застосовуються також барій, магній та інші рідкісні метали.



Фотоелемент допомагає перевіряти якість виготовлених деталей. Якщо вубці шестірні неоднакові, то вони при обертанні нерівномірно пропускатимуть світло і фотоелемент дасть неоднакові сигнали.

титану в земній корі більше, ніж міді, свинцю, олова, цинку, нікелю і благородних металів, разом узятих. Відкрив його давно, понад півтораста років тому, в 1795 р., німецький вчений Клапрот. Що ж перешкоджало освоєнню титану? Хімічна активність чистого титану: в процесі виробництва в розплавленому стані він вмить сполучається з киснем, азотом і вуглецем. Титан взаємодіє з усіма відомими вогнетривкими матеріалами, з яких роблять плавильні печі, тому чистим його добувати дуже важко. Для добування чистого титану розроблено процес, який складається з багатьох дуже складних операцій, що потребують великої кількості цінних і дорогих матеріалів.

Висока вартість добування чистого титану довго заважала його широкому використанню в промисловості. Чистий титан має надзвичайно цінну властивість — поєднання легкості (питома вага його дорівнює 4,5) з великою міцністю, що дорівнює міцності сталі. В недалекому майбутньому в авіації нержавіюча сталь, алюмінієві і магнієві сплави будуть замінені титановими, бо вони міцніші. Титан має дуже високу температуру плавлення (1725°) і температуру кипіння (понад 3000°), тобто він тугоплавкіший, ніж сталь. Друга чудова властивість титану — надзвичайна стійкість проти сильних кислот і лугів. Його не роз'їдає навіть така сильна кислота, як «царська водка» (суміш соляної і азотної кислот), яка розчиняє благородні метали — золото і платину. Титан не піддається ржавінню, роз'їданню під дією кисню повітря, атмосферної і навіть дуже мінералізованої морської води. Ця дуже цінна антикорозійна властивість титану дозволяє використати його в будівництві морських суден. Стійкість титану проти роз'їдаючого впливу морської води дорівнює стійкості платини.

Титан має цікаву здатність вбирати кисень і азот з розплавленої сталі, що збільшує твердість і міцність сплавів, а тому його широко використовують у металургійній промисловості.

З титану роблять деталі реактивних літаків, його використовують в медицині, в атомній промисловості і в багатьох інших галузях.

Та і всі інші рідкісні метали не менш важливі. Навіть зовсім малі кількості розсіяних рідкісних металів важливі для народного господарства. О. Є. Ферсман вказує, що, коли в цинковій обманці є хоч би 0,1% металу індію, вона вже не цинкова руда, а індієва.

Рідкоземельні метали названі так тому, що в природі вони трапляються дуже рідко, а їх окисли схожі на окисли деяких металів, які раніше називались «землями». Значну частину рідкоземельних металів було відкрито в другій половині XIX ст. З них найбільш поширеним є метал ц е р і й. Фізичні і хімічні властивості рідкоземельних металів дуже схожі, тому довгий час ученим не вдавалось розділити їх між собою. Цього досягли тільки в процесі багаторазової кристалізації їх розчинів. Відтоді рідкоземельні метали перестали бути загадкою. За останні роки вдалось з'ясувати всі основні їх властивості. В народному господарстві рідкоземельні метали з кожним роком використовуються все більше й більше. Окисли церію, неодиму і празеодиму використовують для виготовлення спеціального скла (кольорового і безбарвного).

Відомо, яка висока температура розвивається в процесі скловаріння. При виготовленні захисних стекол для склодувів широко використовується суміш двох таких рідкоземельних металів, як празеодим і неодим.

Застосовуються рідкоземельні метали також і в металургії. Так, якщо додати церію до сплавів з алюмінієм і магнієм, сплави стають стійкішими проти ржавіння. Сплав церію з залізом використовують для вбирання газів в електротехнічних приладах. З церію виготовляють також вуглини для дугових ламп у прожекторах.

До групи радіоактивних металів належать такі, які, перебуваючи в природі в дуже розсіяному стані, мають ще особливу властивість — радіоактивність, тобто здатність виділяти промені різної довжини; при цьому процесі ядра атомів одних металів розпадаються і перетворюються в інші елементи.

Використання явища радіоактивності має велике значення для сучасної науки і техніки.

Тепер установлено, що з усіх відомих в природі елементів понад 20 мають властивість радіоактивності (уран, торій, радій, полоній, калій та ін.). Найважливіший з радіоактивних металів — у р а н. Його виявив у 1789 р. у смоляній руді німецький учений Клапрот і назвав так на честь планети Уран. Властивостей урану довго не знали і сполуками його користувалися тільки для виробництва стійких мінеральних фарб. У 1896 р. французький учений Беккерель встановив радіоактивність уранової руди, а причину її радіоактивності розгадали вчені Марія Кюрі-Склодовська і П'єр Кюрі. Вони виявили в урановій руді новий метал — радій, що мав чудесну властивість радіоактивності. В 1939 р. вдалось розщепити

ядро атома урану; при цьому виділилась величезна кількість енергії.

При розщепленні 1 *Г* урану звільняється енергія в 50 млн. раз більша, ніж від згоряння 1 *Г* вугілля.

У природі урану мало (0,0005% ваги земної кори). Чистий уран — це м'який сріблясто-білий метал з великою питомою вагою — 19. Температура плавлення його 1133°, температура кипіння 3500°.

Уран застосовують в усіх атомних котлах як основне джерело атомної енергії. В нашій країні атомна енергія використовується в мирних цілях. Вже збудовано атомні електростанції, атомний криголам; атомні установки в недалекому майбутньому будуть використані на залізничному транспорті і в багатьох інших галузях народного господарства.

ДЕ В ПРИРОДІ ТРАПЛЯЮТЬСЯ РІДКІСНІ І РОЗСІЯНІ МЕТАЛИ

У природі родовища рідкісних і розсіяних металів слід шукати в певних породах, з якими вони бувають зв'язані єдністю походження. Мінерали таких тугоплавких металів, як берилій, цирконій, тантал і ніобій, трапляються в глибинних магматичних породах (гранітах і нефелінових сієнітах). Ці мінерали бувають як у самих цих породах, так і в пегматитових жилах цих порід (див. стор. 94).

Головний мінерал, з якого добувають металевий берилій, — берил. В його складі є, крім того, алюміній і кремнезем. Берил зустрічається також у різних сланцях (слюдяних, хлоритових і талькових). Кристали звичайного берилу (а не його дорогоцінних різновидностей) мають жовтувато-зелене забарвлення і високу твердість (від 7,5 до 8). У гранітах, змінених гарячими магматичними розчинами, берил трапляється разом з мінералами олова, вольфраму і молібдену. Чистий металевий берилій для промисловості легше діставати з іншого берилієвого мінералу — фенакіту, але знахідки цього мінералу дуже рідкі.

Мінерали, до складу яких входить інший тугоплавкий метал — цирконій, зустрічаються в тих самих породах, що й берил. Цирконій має в природі порівняно велике поширення: у земній корі його більше, ніж міді, цинку, олова, свинцю, він утворює близько 120 мінералів. Але цирконій добувають в основному з двох його мінералів — циркону і бадделеїту. Мінерал циркон (сполука цирконію з кремнеземом) містить у собі до 67% окису цирконію. Це звичайно дрібні напівпрозорі кристали світло-жовтого, жовтого і коричневого забарвлення, високої твердості. Циркон видобувають з розсипних родовищ. Цікаво, що в цирконі майже завжди буває домішка розсіяного металу гафнію (до 4%) і радіоактивного металу торію.

У пегматитових жилах, у гранітах і нефелінових сієнітах лежать родовища колумбіту і танталіту — основних мінералів тугоплавких металів танталу і ніобію. Ці мінерали є сполуки заліза, марганцю, танталу і ніобію з киснем. Усі мінерали, до складу яких входять тантал і ніобій, містять і рідкоземельні метали.

В інших умовах зустрічаються такі тугоплавкі метали, як вольфрам, молібден, титан і ванадій. Мінерали, з яких дістають молібден і вольфрам, знаходять у кварцових жилах і в рудних зонах, що лежать на межі осадових порід і гранітів.

Головний мінерал, з якого в промисловості дістають молібден, — молібденіт (сполука молібдену з сіркою). Він трапляється у вигляді лускуватих пластинчастих і радіально-променистих дуже м'яких кристалів свинцево-сірого забарвлення.

Молібденіт дуже легко змінюється під дією підґрунтових, поверхневих вод і кисню повітря. В результаті утворюються вторинні мінерали — повеліт і молібденова вохра.

Мінерал повеліт — це листуваті слюдисті скупчення білого і зеленуватого забарвлення. Найцікавішою є молібденова вохра, яка має тонковолокнисту променисту будову і жовтувато-зелене забарвлення.

Коли ви натрапите на ці вторинні молібденові мінерали, будьте пильні: на глибині повинна бути незмінена молібденова руда.

Головні мінерали, з яких добувають тугоплавкий метал вольфрам, — вольфраміт і шеєліт. Вольфраміт — це сполука вольфраму з залізом, марганцем і киснем. Забарвлення його чорне і темно-буре, він має металічний блиск. Найчастіше вольфраміт знаходять у кварцових жилах серед гранітів. Вольфраміт майже не зазнає поверхневих змін, руйнується теж мало — ось чому він часто трапляється в розсипних родовищах. Шеєліт — сполука вольфраму з кальцієм і киснем. Забарвлення його біле або ніжно-тілесне, жовте, блиск жирний, шовковистий; твердість дорівнює 4. Шеєліт знаходять там, де й мінерали молібдену, — у кварцових і кварцово-польовошпатових жилах. Він має цікаву особливість

світитися голубим світлом під ультрафіолетовим промінням. Це допомагає виявляти його і в гірничих виробках, і під час мінералогічних досліджень.

Тугоплавкий метал ванадій трапляється в природі як у вигляді своїх мінералів — ванадиніту, тюямуніту та ін.,— так і як домішка в інших мінералах і гірських породах. Ванадиніт у своєму складі має ванадій, свинець, хлор і кисень. Кристали його голчасті, волосовидні, призматичні; іноді він має також вигляд землистих мас. Забарвлення ванадиніту яскраве — від солом'яно-жовтого до оранжового і червоного. Найчастіше ванадиніт знаходять у місцях, де відбувається окислення свинцево-цинкових родовищ.

Цікавим промисловим мінералом ванадію є тюямуніт, у складі якого є ванадій, кальцій, уран і кисень. Забарвлення цього слюдоподібного дуже м'якого мінералу яскраво-канарково-жовте. Найчастіше тюямуніт трапляється у вапняках. Майже всі мінерали, що містять у собі ванадій, мають характерні дуже яскраві жовті і червоно-бурі кольори, які завжди привертають до себе увагу і служать доброю розвідувальною ознакою. Ванадій виявлено в рештках скам'янілих рослин і в тілах морських тварин (їжаків і голотурій). У промисловості ванадій дістають також і з руд інших металів, в яких домішка ванадію досягає промислового вмісту. Так, ванадій добувають з титаномагнетитів, з осадових залізних руд. Він є в апатиті, бокситах, а також у золі деяких марок вугілля і в нафті.

Відомо близько 60 мінералів титану, головні з яких — рутил, ільменіт і титаномагнетит. Крім того, титан є як домішка в багатьох породотвірних мінералах. Більшість найважливіших родовищ титану зв'язана з глибинними магматичними породами (габро та ін.). Внаслідок руйнування корінних родовищ титану виникають розсипні родовища рутилу та ільменіту.

Найбагатша титанова руда — рутил (окис титану). Він містить у собі 60% чистого титану. Рутил звичайно має вигляд дуже гарних призматичних кристалів жовто-бурого і темно-червоного забарвлення з характерною добре виявленою штриховкою граней кристалів (див. стор. 280—281, табл. 6).

Ільменіт, у складі якого, крім титану, буває залізо і кисень, трапляється суцільними масами і у вигляді тоненьких табличок. Забарвлення мінералу і його риски залізно-чорне, чим він і відрізняється від гематиту (у гематиту риска вишнево-бура).

Титаномагнетит — це магнетит, проросли ільменітом. Для титаномагнетиту характерний підвищений вміст ванадію; цей мінерал розробляють не тільки заради титану, але також і ванадію та заліза.

Легкоплавкі метали входять до складу мінералів, які в переважній більшості знаходять у пегматитових жилах, що лежать у гранітах.

Найбільш поширений з усіх легкоплавких металів — літій. Його добувають із сподумену, до складу якого входять, крім літію, алюміній, кремній і кисень. Сподумен утворює призматичні кристали світло-зеленого та ізумрудно-зеленого забарвлення. Довжина цих кристалів може доходити кількох метрів.

Цезій і рубідій найчастіше бувають розсіяні як домішки у рожевій різновидності берилу—воробʼєвіті. Вважають, що саме цезій надає воробʼєвіту гарного рожевого забарвлення.

Цезій утворює в природі тільки один промисловий, але дуже рідкісний мінерал — полуцит (що складається з цезію, натрію, алюмінію, кремнію і кисню). Маючи зовсім біле забарвлення, полуцит буває водянопрозорим. Він зустрічається разом з літієвими мінералами.

Мінерали, що містять у собі легкоплавкі рідкісні метали, звичайно видобувають з пегматитових жил попутно з польовими шпатами, слюдою і дорогоцінними каменями.

У природі відомо тільки кілька мінералів, утворених розсіяними металами. До них належать сполуки телуру з золотом і нікелем, германіт (миш'яково-сірчиста сполука германію, міді і цинку).

У самородках з розсіяних металів зустрічаються телур (його вміст у земній корі дорівнює приблизно вмісту в ній золота) і селен (трапляється дуже рідко). Селен найчастіше буває в невеликих кількостях у сірчистих сполуках свинцю і цинку. Разом з телуром селен буває в темнозабарвлених різновидностях цинкової обманки (сфалерит), а також у невеликій кількості у сірці вулканічного походження та в мідних рудах. Цікаво, що селен разом з ураном знаходять у чорних кременистих бітумінозних сланцях.

У родовищах свинцю і цинку бувають звичайно разом галій, індій і талій. Найвища концентрація галію буває в рідкісному мінералі германіті. Незначні до-

мішки галію знаходять у залізних і марганцевих рудах осадового походження, у бокситах, у кам'яному вугіллі, у мідистих сланцях. Галій трапляється, так само як і селен, у цинковій обманці, але не в темній, а в світлозабарвленій її різновидності. Отже, забарвлення цинкової обманки може бути розвідувальною ознакою для визначення, який рідкісний метал міститься в ній як домішка. Треба знати, що технологія діставання галію з руд дуже складна; це здорожує одержання його в чистому вигляді. Тому вартість галію поки що перевищує вартість золота. Основне джерело діставання галію — б о к с и т и, звідки його виплавляють попутно з алюмінієм.

Розсіяний метал г е р м а н і й, крім германіту, міститься в цинкових рудах, домішки його знаходять у мінеральних водах. Найцінніш им для промисловості є наявність германію у вугільних родовищах. Його добувають із золи кам'яного вугілля.

Рідкісні розсіяні метали р е н і й і г а ф н і й зустрічаються дуже рідко; гафній буває постійним супутником у мінералі цирконі, а реній дуже часто як домішку знаходять у молібденіті.

Рідкоземельні метали зв'язані з магматичними породами типу гранітів і нефелінових сієнітів та з їх пегматитами. Вони входять до складу деяких мінералів, але частіше зустрічаються як домішки. Найцікавішими є мінерали л о п а р и т, м о н а ц и т, с а м а р с к і т, п і р о х л о р; в них є тантал, ніобій і титан. Лопарит має вигляд чорних, бурих і червоно-бурих кубічних кристалів. У монациту червоно-бурі кристали у формі табличок здебільшого вростають у польовий шпат. Монацит зустрічається і в кварцово-польовошпатових жилах. Крім того, він часто утворює промислові скупчення в розсипах.

Підвищений вміст металу с к а н д і ю знаходять у вольфраміті.

Відомо понад сто природних хімічних сполук, де є у р а н. Уранові мінерали знаходять у гранітах, у пегматитових і гідротермальних жилах, у різних осадових породах: вуглистих і кременистих сланцях, у пісковиках, вапняках і фосфоритах.

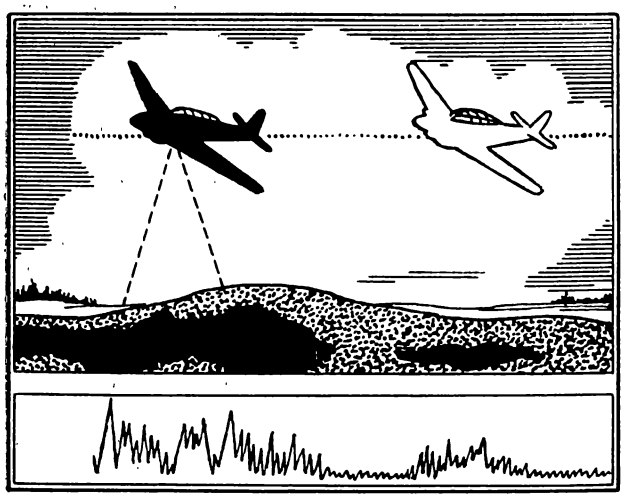
Одним з головних промислових мінералів урану є у р а н і н і т — окисел урану, в якому як домішки бувають торій, свинець і рідкоземельні метали.

Уранініт (або уранова смоляна руда) має смоляно-чорне забарвлення, напівметалічний блиск, твердість, що дорівнює 6. Внаслідок вторинних поверхневих змін — окислення уранових руд — утворюються так звані вторинні уранові мінерали — т о р б е р н і т і о т у н і т, що належать до групи уранових слюдок. Забарвлення їх яскраве — ізумрудно-зелене або канарково-жовте. Обидві слюдки мають характерний перламутровий блиск. Саме ці вторинні уранові мінерали найчастіше зустрічає геолог. На них треба звертати особливу увагу, знаючи, що вони часто свідчать про наявність на глибині багатих уранових руд.

ЯК РОЗШУКУЮТЬ РОДОВИЩА УРАНУ

Після того як навчились використовувати колосальну енергію, яку має в собі уран, він став металом першорядної ваги. На всій земній кулі всі держави обслідують свої надра, щоб виявити уранові руди. За останні роки в усьому світі, в тому числі і в Радянському Союзі, відкрито багато нових великих родовищ урану. Але ж уран є в земній корі у невеликих кількостях і часто в порівняно розсіяному стані. Як же вдається успішно розвідувати цей надзвичайно важливий метал? Тут приходить на допомогу здатність уранових руд до довільного радіоактивного випромінювання. Вчені та інженери винайшли цілу серію таких приладів, які вимірюють силу цього випромінювання. Тепер геологи і геофізики мають можливість не тільки пильно оглядати й оцінювати те, що вони бачать на поверхні, але й уважно «прослухувати» верхню частину земної кори, визначаючи приладом, де є виходи уранових руд. Цей прилад називається польовим раліометром, він нерозлучний супутник геолога.

На грудях у геолога польовий радіометр із щупом. Всередині щупа лічильник Гейгера — Мюллера. Надівши навушники і водячи щупом по породі, геолог чує ляскіт в приладу, а стрілка покаже силу радіоактивного випромінювання.



Геологічна розвідка з літака. Коли літак летить над родовищем уранових руд, самописець креслить на стрічці радіометра криву «Нащупавши» родовище, геологи ведуть далі розвідування на землі.

Як за властивістю магнітності знаходять величезні родовища залізних руд, так і радіоактивність дає можливість знаходити уранові руди там, де часом і не гадали, що вони є.

Тепер для розвідування уранових руд використовують літаки. Повітряний розвідник може швидко обшарити величезні площі, виявивши серед них найсприятливіші (як і при розвідуванні магнітних руд). Але при розвідуванні уранових руд замість компаса на літаку встановлюють потужні прилади — так звані лічильники Гейгера — Мюллера, за допомогою яких і вдається прослухати величезні простори.

Ось з цього і починається розвідування урану. Коли літак пролітає над досліджуваним районом, прилад не тільки відчуває найменше підвищення радіоактивного випромінювання, але й спеціальним пристроєм сам записує величину цього випромінювання. А коли пощастить пролітати над скупченням уранової руди в глибині землі, на фоні спокійного запису приладу появиться пік. Буде зафіксована так звана у р а н о в а а н о м а л і я.

Для контрольної перевірки роблять повторні польоти. Потім вже складають спеціальну карту помічених уранових аномалій. Останнім часом для розвідування урану з повітря успішно користуються вертольотами, на яких є ті самі прилади. Часто вертоліт літає в тих місцях, де літак вже виявив уранову аномалію. Роблять це тому, що літак при розвідуванні летить з швидкістю 100 *км/год*. У зв'язку з цим виходять деякі неточності у визначенні місця аномалії. Точка на складеній карті відповідатиме на місцевості великій площі. Вертоліт, зафіксувавши аномалію, може спинитися в повітрі і уточнити місцеположення.

На цьому робота повітряних розвідників закінчується. Наземний загін геологів, одержавши карту, вже знає, де треба шукати уранову руду. Якщо дозволяє рельєф, наприклад, у степових районах, геологи об'їжджають площу автомобілями, на яких теж є радіометри. Складають наземну карту з відмітками підвищеної радіоактивності, і площа, де слід шукати уранову руду, стає дедалі точнішою. Після цього геологи можуть відправлятися в свої маршрути.

Озброєні зручними польовими радіометрами, геологи і геофізики уважно прослухують усі ті породи, в яких можуть бути уранові мінерали.

Геолог не просто механічно фіксує, де є аномалія, а враховує ряд особливих ознак, які свідчать про наявність урану. Звичайно там, де концентрується уран у гранітах, спостерігається їх роздрібненість, велика зміна внаслідок дії підземних гідротермальних розчинів: обіління гранітів внаслідок утворення слюди та каолініту і окварцування їх. Часто відмічають почервоніння порід, які містять у собі уранові рудні жили, що зв'язано з наявністю в них найтоншої вкрапленості гематиту — майже постійного супутника уранових руд. Геолог наносить на свою карту всі точки з підвищеною радіоактивністю, а потім будує такі карти, по яких можна визначити місця з найбільшою активністю. Саме в цих місцях найдоцільніше шукати руду на глибині.

Крім того, проводяться так звані гідрогеологічні дослідження підгрунтових вод, джерел, щоб визначити, чи немає в них урану: омиваючи уранове родовище, підгрунтові води частково розчиняють у собі уран, збагачуючись ним. Чим більша концентрація урану у воді, тим ближче розташоване і тим більших розмірів буває уранове родовище. Ведучи своє розвідування, геолог враховує і ці факти.

Дуже цікавий зовсім молодий спосіб розвідування — геоботанічний. Він грунтується на тому, що рослини можуть вбирати і концентрувати радіоактивні елементи. Визначаючи процентний вміст урану в попелі рослин, виявляють площі, де урану в рослинах найбільше. Крім того, є рослини, які показують наявність уранового оруденіння. Так, два певних види астрагала (трави і чагарники з родини бобових) і один вид лободи ростуть на грунтах, багатих на уран. Якщо геолог натрапить на ці рослини в маршру-

ті, він не повинен проходити мимо: тут, можливо, на глибині лежить уранова руда. На виявлених площах бурять свердловини.

* * *

Якщо розглянути в хронологічній послідовності відкриття властивостей рідкісних металів та їх застосування, то видно, як кожний рідкісний метал робив переворот у тій чи іншій галузі науки або техніки; тому рідкісні метали називають «металами майбутнього», «металами прогресу». Тепер вам буде зрозуміло, чому в семирічному плані розвитку нашого народного господарства намічено значно збільшити виробництво рідкісних металів і розширити геолого-розвідувальні роботи для забезпечення промисловості мінеральною сировиною.

БЛАГОРОДНІ І КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ

Золото, платину і срібло називають б л а г о р о д н и м и м е т а л а м и. Це дуже стійкі метали: вони не розчиняються у більшості кислот і лугів і не сполучаються з киснем повітря. Тому предмети, зроблені з цих металів, зберігають свій вигляд і блиск протягом багатьох тисячоліть. З благородних металів, особливо з золота і срібла, здавна карбували монету, виготовляли прикраси. В природі трапляються самородні золото, платина, а іноді і срібло.

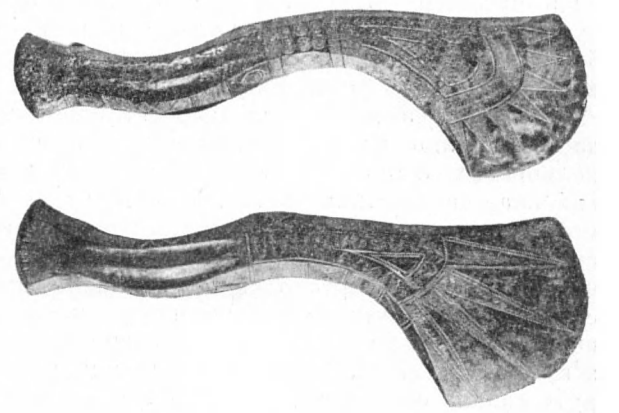
Золото з найдавніших часів у народів з високо розвинутою культурою використовувалось для виготовлення прикрас і для обміну. В Китаї, мабуть, більш як 4000 років тому карбували золоту монету, яку називали «ну» або «таго».

На золото наша країна купує потрібні їй товари в інших країнах. Золото використовують для виготовлення точних приладів, для прикрас, у фотографії.

Мідь, свинець, цинк, олово, нікель, алюміній і магній утворюють групу к о л ь о р о в и х м е т а л і в. Кольорові метали зустрічаються в природі у вигляді різноманітних мінералів — природних хімічних сполук з сіркою, киснем та іншими елементами, що утворюють руди.

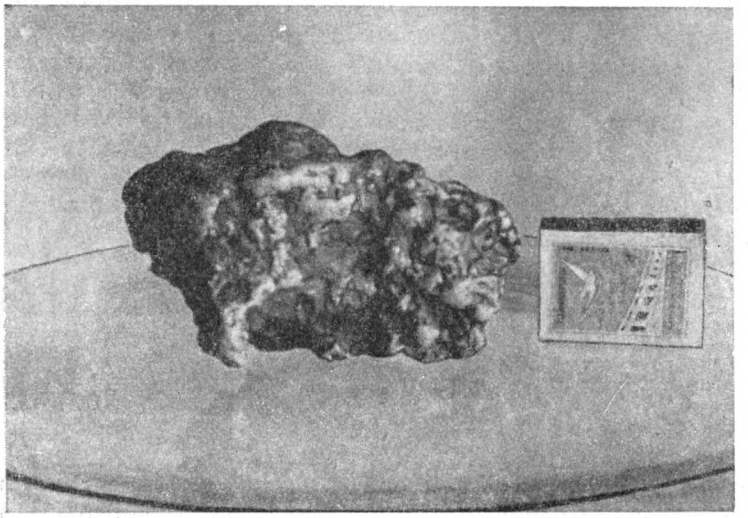
У давнину людина не вміла діставати метали з руд; пізніше вона навчилась користуватися міддю — дуже м'яким металом, який знаходять у природі не тільки в складних мінералах, а й у чистому вигляді, у самородках. Саме тому після кам'яного віку в історії людства настав вік, коли знаряддя праці й зброю стали виготовляти переважно з бронзи[1]. На Уралі, в середньо-

[1] *Бронза* — сплав міді з оловом, іноді з цинком або свинцем



Бронзові бойові сокири з гравіюваним орнаментом.

Бронзовий ритон (ритуальний питний ріг) з головкою цапа на кінці і з гравіюваним орнаментом на вовнішній поверхні (змії, хижаки, птахи, двоголові звірі). Приблизно VIII ст. до н. е.



Самородок золота вагою близько 1800 грамів.

азіатських республіках і на Алтаї ще збереглись численні стародавні (мідні і олов'яні) рудники. В них і тепер знаходять мідні і бронзові інструменти, якими старовинні рудокопи 3500—5000 років тому добували руди.

Придивіться до будови першої-ліпшої сучасної машини, і ви легко переконаєтесь, що з кольорових металів зроблено найнеобхідніші, найскладніші частини машин. У моторах автомобіля, трактора, комбайна, танка і літака дуже важливу роль відіграють підшипники — кільця, в яких обертаються вали машин. Щоб стальний вал крутився в підшипнику з найменшим тертям, метал підшипника повинен бути м'якшим від сталі. Тому для підшипників беруть сплави олова, сурми, свинцю, а в деяких випадках цинку та ін.

Магнето — це маленькі динамомашини, приєднані до моторів автомобілів, літаків та інших бензинових двигунів. Магнето виробляють електричний струм і посилають його по мідних проводах у циліндри мотора, де від електричної іскри спалахує бензинова пара, приводячи мотор у рух. Через те магнето називають «серцем» машини, а це «серце» в значній частині складається з обмотки тонкого мідного дроту.

У моторах іншої конструкції, а також на підводних човнах струм дають акумулятори — свинцеві пластини, занурені в розчин сірчаної кислоти.

З платини роблять лабораторний посуд — тиглі, в яких можна розплавити більшість відомих речовин. Платина дуже тугоплавка: температура її плавлення 1773°. Цинком покривають залізо, оберігаючи його від іржі. Алюміній, один з найлегших металів, використовують у літакобудуванні; останнім часом для цього ж застосовують і магній.

Кольорові і благородні метали широко використовуються в техніці, будівництві і в лабораторіях. Ось чому в семирічному плані розвитку народного господарства СРСР передбачено значний розвиток кольорової металургії в районах Казахстану, Середньої Азії, Уралу, Забайкалля на багатих родовищах руд кольорових металів.

У 1965 р. передбачається збільшення виробництва алюмінію проти 1958 р. приблизно в 3 рази, міді — в 1,9 раза і т. д.

Якщо зробити дуже точний хімічний аналіз першої-ліпшої гірської породи — граніту, пісковику, сланцю,— то виявиться, що до складу їх у дуже малих кількостях входять майже всі відомі нам елементи, в тому числі золото, мідь, цинк, свинець і т. д. Навіть у морській воді є золото, в середньому близько 4 *мГ* на 1 *Т* води, а загальна кількість золота, розчиненого в усіх океанах, становить близько 10 млрд. *Т*. Проте при такому розпиленому стані (розсіянні в породах або в морській воді) кольорові і благородні метали невигідно діставати.

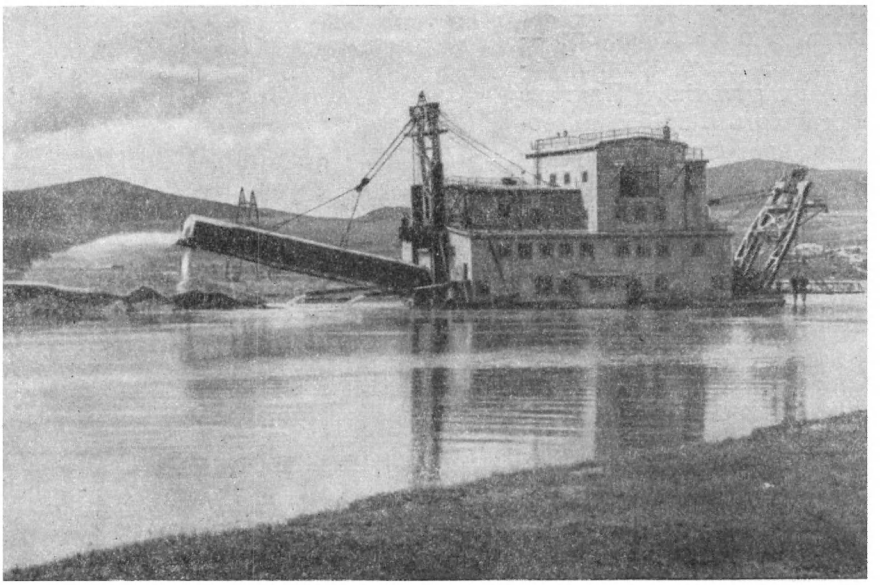
Але в природі є фізичні і хімічні процеси, які приводять до того, що в деяких особливо сприятливих місцях нагромаджуються раніш розпилені метали і утворюються родовища руд кольорових і благородних металів.

Золото, платина і деякі інші метали зустрічаються у вигляді корінних родовищ і розсипів. Корінні родовища (рудні жили) утворюються серед глибинних порід, а розсипи — у поверхневих частинах земної кори внаслідок поступового руйнування глибинних порід.

Як утворюється розсип? Уявіть собі, що серед гранітних порід в якомусь місці розсіяні маленькі зернятка золота. Вода, вітер, морози руйнують граніт, і він поступово розпадається на складові мінерали: кварц, польові шпати і слюди або рогову обманку. Далі з уламків цих мінералів утворюється пісок і глина. Серед цього піску будуть і зернятка золота. Піщинки кварцу і частинки глин багато легші за крупинки золота, тому їх виносять струминки води і вітер, а важкі золотинки нагромаджуються на

місці. Так потроху утворюється розсипне родовище.

Розсипні родовища дають усі хімічно стійкі мінерали, тобто ті, що не сполучаються з водою і киснем повітря і важчі, ніж звичайні мінерали гірських порід. А тому в розсипах знаходять, крім золота, платину, олов'яний камінь і деякі інші корисні мінерали.



Плавуча фабрика-драга видобуває золото.

З о л о т о — блискучий, дуже важкий метал, чудовий своїми властивостями і гарним яскраво-жовтим забарвленням. Його питома вага 19,3. Золото дуже м'яке і найбільш ковке з усіх металів. З нього можна виготовляти тонісінькі листочки (фольгу) завтовшки всього тільки 0,0002 *мм*. Такі тонкі листочки просвічують зеленуватим кольором. Найбільш поширене в природі с а м о р о д н е золото. В кристалах золото буває рідко. Звичайна форма золота — зерна, пластинки і гілчасті, схожі на кущі дендрити. Іноді золото зустрічається в сполуці з мало поширеним елементом телуром. Дуже часто самородне золото знаходять у вигляді найтонших вкраплень в інших мінералах, наприклад, у кварці, піриті. Щоб виявити таке тонко вкраплене золото, мінерали вивчають під мікроскопом.

У Радянському Союзі на родовища золота багаті Урал, Казахстан, Сибір і Далекий Схід. На Уралі, наприклад, недавно знайшли самородок золота в 36 *кГ* і понад 20 самородків від 1 до 25 *кГ*.

Золото людина знає дуже давно. У східних країнах широко застосовували такий спосіб видобування золота з піску в ріках: на дно ріки опускали баранячі шкури, в яких зернятка золота і затримувались, бо вони важчі за піщинки в 6—7 раз.

Тепер золото з річкового піску видобувають вдосконаленими машинами — драгами. Драга — це цілий плавучий завод. Він схожий на землечерпалку, якою розчищають і поглиблюють річкове дно. Драга піднімає пісок з річкового дна черпаками, укріпленими на безконечному ланцюгу. Після сортування і відокремлення валунів пісок іде на шлюз (похилий широкий жолоб з поперечними планками на дні), де промивається струменем води. Важкі золотинки затримуються біля планок, легкі піщинки змиваються водою. Таким способом золото відокремлюється від піску.

Крім розсипного золота, знаходять рудне золото у кварцових жилах і в гірських породах. Золотоносний кварц добувають у шахтах; потім він надходить на спеціальні золотодобувні фабрики, де його подрібнюють, щоб звільнити з породи крупинки золота. Далі з цього тонко подрібненого матеріалу хімічними реактивами дістають золото.

П л а т и н а — метал сріблясто-білого забарвлення, ще важчий, ніж золото (його питома вага 21,45). Платина була дуже давно відома індійцям Південної Америки, які видобували її з розсипів на території сучасної Колумбії. В Європі вперше про платину дізналися від іспанських завойовників в XVII ст. Іспанці жадно шукали золото і срібло в своїх заокеанських колоніях — в Центральній і Південній Америці. Не знаючи чудових властивостей платини, іспанські завойовники вважали себе обманутими, коли замість золота і срібла в розсипах їм траплялась платина. Назва «платина» у перекладі з іспанської мови означає «срібельце». Іспанці викидали платину в море з кораблів, що вивозили золото і срібло з Америки в Європу. Тепер платина цінується навіть дорожче за золото.

У природі платина трапляється переважно у вигляді мінералу — самородної платини, що

містить у собі домішки дорогих, рідкісних металів — паладію, осмію, іридію, родію і рутенію. Платина зустрічається дрібними зернами, але знаходять і самородки. Зрідка попадаються самородки вагою 8—9 *кГ*. Кілька таких самородків було знайдено на Середньому Уралі в районі Тагіла.

Важливі родовища платини в СРСР є на Уралі, де її добувають з розсипів в які вона потрапляє з гірських порід темного, зеленувато-чорного забарвлення, що називаються дунітами. Дуніти складаються майже цілком з мінералу олівіну і утворюються при остиганні і кристалізації магми особливого складу (див. стор. 91).

Староперське срібне блюдо.

С р і б л о — метал характерного сріблясто білого забарвлення, з питомою вагою близько 10,5, менш цінний, ніж золото і платина. Близько половини добуваного срібла раніше використовували на карбування монет. Тепер із срібла виготовляють хімічні реактиви, посуд і прикраси. Фотографія і кінознімання грунтуються на чудовій властивості солей срібла — світлочутливості: на світлі вони темніють. Бромисте срібло є в желатиновому шарі, яким покривають фотопластинки і кіноплівку.

Срібло вживають також при виготовленні дзеркал. Якщо азотнокислу сіль срібла покласти на скло і додати до неї невелику кількість водного розчину виноградного цукру, срібло виділиться з розчину і осяде на склі тонісінькою плівкою; так роблять дзеркала.

На відміну від золота і платини срібло в природі в самородках трапляється рідко. Звичайно його знаходять в сполуках з сіркою (мінерал аргентит), сурмою, миш'яком. Мінерали срібла найчастіше зустрічаються разом з мінералами свинцю (звичайно з галенітом), тому срібло тепер головним чином дістають під час плавлення свинцевих руд.

У Радянському Союзі особливо багаті на срібні руди гори Алтаю і Забайкалля. Алтайське срібло почали добувати давно, ще на початку XVIII ст.

М і д ь — метал червонувато-жовтого забарвлення, з питомою вагою близько 9. Мідь широко використовують в електротехніці, бо вона проводить електричний струм у 10 раз краще, ніж, наприклад, залізо. У природі мідь зустрічається переважно у вигляді мінералу м і д н о г о к о л ч е д а н у, або х а л ь к о п і р и т у, що має гарне золотисто-жовте забарвлення. Щоб дістати мідь, треба відокремити халькопірит від піриту, кварцу, шматочків пустої породи, або, як кажуть збагатити руду, тобто дістати багатий на халькопірит концентрат. Цей концентрат випалюють у спеціальних печах. Мідь можна добувати також з п і р и т у, або с і р ч а н о г о к о л ч е д а н у, якщо він містить домішку халькопіриту. Пірит — це сполука заліза з сіркою, але іноді в ньому бувають, крім міді, й інші метали (золото, нікель, кобальт).

Мідний каван (близько V—IV ст. до н. е.).

На породах, що містять у собі мідь, бувають нальоти і напливи гарного яскраво-зеленого забарвлення—м а л а х і т — і синього забарвлення — а з у р и т. Малахіт зустрічається також у вигляді бруньковидних і гроновидних скупчень ізумрудно-зеленого забарвлення з шовковистим блиском. Це дуже гарний виробний матеріал, з якого уральські майстри-художники роблять вази, шкатулки і різні прикраси. Малахіт і азурит утворюються з мідного колчедану внаслідок окислення міді під дією підгрунтових вод, що містять у собі вуглекислий газ і кисень. Великі родовища малахіту є на Уралі.

С в и н е ц ь — темно-сірий блискучий метал, м'який і

Благородні і кольорові метали

1 — каситерит; *2* — золото в кварці; *3* — халькопірит; *4* — карналіт з сильвінітом; *5* — нікелін; *6* — кварцова жила з облямівкою жильбертиту і вольфрамітом; *7* — церусит у лимоніті; *8* — боксит.

Стародавні вироби з благородних металів

1 — срібна амфора з позолотою з Чортомлицької могили середини IV ст. до н. е.; *2* — золоті нашивні бляшки у вигляді бичків, левів і оленів з Новочеркаської могили I ст. до н. е.; *3* — вилитий масивний бичок з золота (Майкопська могила, близько 2000 років до н. е.); *4* — золота оббивка налучника з Чортомлицької могили середини IV ст. до н. е. Зображено сцени з грецької міфології.

ковкий, з питомою вагою 11,3 і низькою температурою плавлення — всього 327°,4; він плавиться навіть у полум'ї свічки. Свинець широко використовують для різних потреб. Свинцем обмотують («бронюють») електричні кабелі, які закопують в землю або опускають на морське дно, щоб уберегти їх від роз'їдаючої дії води. Свинець застосовують в акумуляторах, у свинцевих сплавах, для виготовлення різної хімічної апаратури. Свинець здебільшого трапляється у вигляді двох головних рудних мінералів — свинцевого блиску, або галеніту, і церуситу. Церусит утворюється поблизу земної поверхні: це змінений, окислений галеніт. Як правило, разом із свинцем у рудних родовищах зустрічаються цинкові мінерали — цинкова обманка, або сфалерит, і окислені цинкові руди.

Досить часто разом з цинковими і свинцевими мінералами у тому самому рудному родовищі знаходять халькопірит, золото, срібло і пірит. Тому такі руди називають поліметалевими («полі» по-грецькому — багато).

У Радянському Союзі поліметалеві родовища є на Алтаї, Кавказі, в Казахстані, в Примор'ї. Одно з таких великих родовищ — Леніногорське на Алтаї. Його відкрила ще в 1786 р. розшукова партія «рудознатця» Ріддера по слідах доісторичних розробок. Напочатку родовище називалось Ріддерським і було особистою власністю російського паря. Його розробляли по-хижацькому: добували тільки найбагатші на срібло легкоплавкі руди бо поліметалеві руди, що залягали глибше, обробляти було важче. Перед Жовтневою революцією Ріддерське родовище було здано для розробки іноземним капіталістам, але вони теж не організували правильного добування руд і виплавляння свинцю. Ці поліметалеві руди важко використовувати тому, що вони є дуже тонкою сумішшю галеніту, сфалериту, халькопіриту і золота. Щоб успішно відділити один від одного ці різноманітні мінерали, треба подрібнити руду, а потім пустити її в дуже складну обробку. Радянські інженери зуміли розв'язати це нелегке завдання.

З інших кольорових металів велике значення мають цинк і різні сплави з ним.

Цинк — синювато білий блискучий метал з питомою вагою 7,1. Цинк має чудову властивість — утворювати в розплавленому стані хімічну сполуку з залізом. Цією якістю цинку широко користуються, покриваючи цинковим шаром залізо і цим захищаючи його від окислення (іржі). Головна маса цинку йде на оцинкування листового заліза. Досить велику кількість цинку використовують також для сплавів його з міддю (латунь), з оловом і міддю (бронза). Із сплаву цинку з міддю та нікелем (мельхіору) виготовляють гарні художні вироби: столові прибори, вази. У природі цинк здебільшого буває разом із свинцевими мінералами в поліметалевих родовищах.

Щоб добути цинк, цинкові руди, як і свинцеві, збагачують. Потім цинковий концентрат випалюють і утворений окис цинку прожарюють з вугіллям. Кисень сполучається з вугіллям, і виділяється металевий цинк.

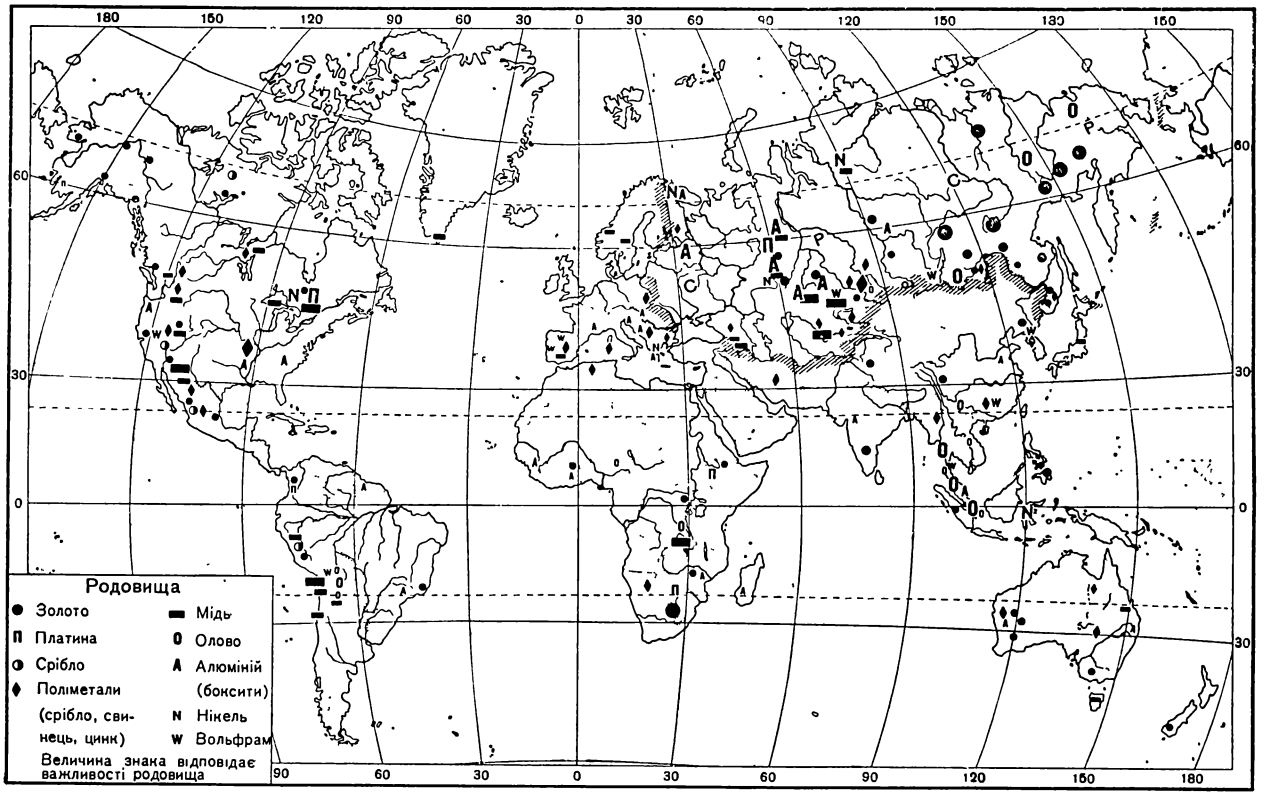
Олово — м'який сріблясто-білий метал з питомою вагою 7, дуже легкоплавкий. Його температура плавлення тільки 232°. Є й інша різновидність олова — сіре олово, яке легко розсипається в порошок. Металеве олово переходить у кристалічне сіре олово головним чином при температурі, нижчій за —50°. Помітили, що й при звичайній температурі досить доторкнутися сірим оловом до металевого, як це останнє швидко перетворюється в сірий порошок. Це явище назвали «оловяною чумою». За старих часів, коли був дуже поширений олов'яний посуд, як, наприклад, в Європі, «олов'яна чума» завдавала великих неприємностей, руйнуючи кухонний і столовий посуд.

Бронза — сплав міді з оловом і цинком— містить від 5 до 20% олова. Археологи, що вивчають стародавню історію, знайшли бронзу на березі Нілу в могильниках, яким близько 6000 років. Дуже багато бронзових виробів знайшли у нас на території Казахстану України, Забайкалля. На території СРСР стародавні рудники на оловоносних жилах у Калбінських горах Казахстану існували приблизно 3500 років тому.

Найбільше олова йде на виготовлення жерсті й різних сплавів для підшипників машин, друкарського металу.

Якщо опустити лист заліза в розплавлене олово, то він вкриється тонісінькою олов'яною плівкою. Так, наприклад, виготовляють жерсть для консервних банок. Олово не сполучається з киснем повітря і з водою, тому олов'яна плівка оберігає залізо від іржі.

У природі олово трапляється у вигляді мінералу каситериту, або олов'яного каменю. Каситерит — бурий, часто майже чорний мінерал. Блиск алмазний, у зломі мінералу — смоляний, злегка жирний.



Карта родовищ благородних і кольорових металів.

Особливість каситериту — його хімічна стійкість: він не сполучається ні з водою, ні з киснем повітря. Тому каситерит зустрічається в природі не тільки в кварцових і пегматитових жилах (див. стор. 94—95), а й у розсипах, потрапляючи туди при руйнуванні жил. Металеве олово добувають, розплавляючи каситерит в особливих печах.

Нікель — сріблястий метал з питомою вагою 8,9— добре полірується і зберігає гарний металічний блиск на повітрі і у воді. Чудовою властивістю нікелю є його здатність надавати сталі більшої міцності. Додавання 2—5% нікелю до сталі робить сталь міцнішою і в'язкішою, тому з нікелевої сталі виготовляють найважливіші частини машин, моторів для літаків і автомобілів, а також броню кораблів і танків.

Із сплаву міді (75%) і нікелю (25%) виготовляють розмінну монету. Ніхром — сплав нікелю з металом хромом — має дуже великий опір електричному струмові і при цьому швидко нагрівається (до 500—1000°). Тому з ніхрому роблять спіралі для нагрівних (плити, праски) і технічних приладів.

Нікель у формі сплаву з міддю («біла мідь») знаходять у стародавніх городищах Середньої Азії і Китаю. Чистий нікель відкрито тільки 200 років тому, а застосовувати його в промисловості почали зовсім недавно.

Раніше, коли не вміли виділяти нікель з руд інших металів — міді, свинцю, срібла,— він завдавав багато клопоту. Середньовічні саксонські рудокопи знаходили серед руд червонуватий мінерал, схожий забарвленням на мідь. Проте міді добути з нього не вдавалось. Крім того, коли руду нагрівали в плавильних печах, виділялись отруйні миш'якові гази. Через те марновірні люди назвали цей мінерал «мідним дияволом» («купфер-нікель») за ім'ям Ніка — злого духа гір. Звідси виникла потім сама назва металу — «нікель». У природі нікель знаходять найчастіше в мінералах, що являють собою сполуки нікелю з сіркою.

Алюміній — сріблясто-білий метал, цікавий своєю легкою вагою: його питома вага— 2,7, тобто він майже у 8 раз легший за платину. Цей метал дуже поширений у земній корі. У дуже багатьох гірських породах є алюміній.

Чистий алюміній не досить міцний, і, щоб надати йому необхідної міцності, його сплавляють з міддю, марганцем, кремнієм. Найважливішим алюмінієвим сплавом є дюралюміній, в якому, крім алюмінію, є 6—8% міді, кремнію і магнію. Такий сплав алюмінію дуже легкий (питома вага 2,8) і майже такий же міцний, як сталь. З цього сплаву виготовляють літаки та різні важливі частини машин, коли треба, щоб вони мали невелику вагу і велику міцність.

Головна алюмінієва руда — боксит — землиста або щільна порода червоного, рожевого або навіть білого забарвлення, часто схожа на глину. Від звичайної глини боксит відрізняється тим, що він не утворює з водою в'язкої пластичної маси. Відомий радянський учений акад. А. Д. Архангельський гадає, що боксити утворюються в деяких випадках на дні неглибоких морських заток і в озерах, випадаючи з води у вигляді хімічного осаду.

У Радянському Союзі великі родовища бокситів є на Уралі і в Сибіру. Одно з уральських родовищ називається «Червона шапочка». Назвали його так за гарне червоно-буре забарвлення бокситів, що залягають у формі пласта серед вапняків.

Магній — сріблясто-білий ковкий метал з питомою вагою 1,75. Порошок магнію згоряє сліпучо яскравим полум'ям, розвиваючи величезну температуру — близько 3000°. Найголовніше застосування магнію — виготовлення дуже легких сплавів з питомою вагою всього лише 1,8. Якщо ми пригадаємо, що навіть легкі алюмінієві сплави мають питому вагу 2,8, то нам стане ясно, наскільки важливі магнієві сплави для літакобудування.

Головні мінерали, що містять у собі магній,— магнезит і карналіт. Останнім часом магній добувають також з солей морської води і з доломіту. Морська вода має в собі в середньому 0,14% магнію в сполуці його з хлором. З доломіту магній виділяють у спеціальних щільно закритих електричних печах в атмосфері азоту (щоб магній не загорівся).

Магній виділяється і, звітрюючись, осідає в спеціальних холодильниках сріблястими кристалами.

Багато хто з вас бере участь у краєзнавчих гуртках, вивчає багатства рідного краю, допомагає шукати родовища корисних копалин.

Які ж ознаки родовищ руд благородних і кольорових металів? По-перше, уламки кварцу, який часто супроводить руди; у ньому треба шукати зернятка мінералів з металічним блиском. Найчастіше в кварці зустрічається золотисто-жовтий мінерал — пірит — у вигляді кристалів кубічної форми. Недосвідчені люди можуть визнати його за золото. Проте помилку цю виявити дуже легко. Твердість піриту дуже висока, і лезо звичайної безпечної бритви не лишає на цьому мінералі сліду, тоді як на золоті буде глибока дряпина. Сам по собі пірит цінний тільки тоді, коли його багато. Він іде на виготовлення сірчаної кислоти. Все ж на окремі його зерна слід звернути увагу, бо вони ніби дають нам сигнал, що, коли шукати пильніше, можливо, виявиться щось цінніше. Наприклад, у кварці можуть бути сріблясті зернятка свинцевого блиску (галеніту), золотисті — мідного колчедану (халькопіриту) або коричнюваті і медово-жовті зернятка цинкової обманки (сфалериту). Така знахідка дуже цікава, і про неї слід повідомити у місцевий краєзнавчий музей. Вона може мати і практичне значення.

Зрідка можна знайти у кварці і золото. Визначити його можна так: зернятко мінералу, схожого на золото, треба покласти на скло і капнути на нього азотною кислотою. На золото кислота не впливатиме. А коли через деякий час з мінералу почнуть виділятися бульбашки газу і рідина набуде зеленого відтінку, значить мінерал — якась мідна руда, найшвидше халькопірит, але не золото. Прожарювання теж не змінює золота, а пірит і халькопірит почорніють від вогню.

Друга ознака можливого родовища руд кольорових або благородних металів — значні скупчення бурих залізняків серед гірських порід. Бурі залізняки — це мінерали бурого, темно-коричневого і жовтого забарвлення, що утворюють кіркові, напливні, пористі або землисті маси. Бурі залізняки утворюються на земній поверхні від сполучення з киснем повітря і з водою таких рудних мінералів, як пірит і халькопірит, що мають у своєму складі залізо. Інші елементи (сірка і мідь) витісняються киснем і водою, які стають на їх місце. Отже, якщо ви виявите в горах великі скупчення бурих залізняків, то можете допомогти геологу відшукати під корою цих бурих залізняків пірит, халькопірит та інші рудні мінерали, а часом і золото. Під покривом некрасивих і на перший погляд мало інтересних бурих залізняків можуть залягати родовища цінних кольорових металів.

НЕМЕТАЛЕВІ КОРИСНІ КОПАЛИНИ

Часто в розмовах з дітьми, які не досить обізнані з різними видами корисних копалин, мені[1] доводилось чути, що «головні» корисні копалини — це руди, з яких роблять різні метали, а неметалеві корисні копалини мають тільки другорядне значення.

Звичайно, ми не уявляємо собі життя без металів: без вольфрамових ниток розжарювання в електролампах, без чавуну і сталі для верстатів, комбайнів, тепловозів, підіймальних кранів тощо. Але наше життя неможливе і без неметалевих копалин. Придивившись уважно, не важко побачити, що ці скромні друзі оточують нас скрізь.

Зробимо прогулянку по своїй кімнаті і побачимо, що зроблено з неметалевих корисних копалин. Починається день з ранкового туалету. Що таке зубний порошок? Це тонко подрібнена гірська порода — крейда — з домішкою ароматичних речовин.

Подивіться на стіл, накритий для сніданя. З чого зроблено фарфорові чашки? З особливого сорту глини — каоліну. А фаянсові тарілки? Також з глини, але вже іншого сорту. Склянки і пляшки зроблені з кварцу, польових шпатів, мінералу мірабіліту. Біла фаянсова розетка штепселя біля столу зроблена із сплаву кварцу, польового шпату й інших мінералів. До складу емалі посуду входить мінерал флюорит (див. стор. 280—281, табл. 3).

Але ми забули про хліб! Адже наші колгоспи і радгоспи використовують такі добрива для полів, які дуже часто є складною сумішшю фосфоритів, апатиту, калійних солей, а також містять різні сполуки азоту, які дістають з повітря. Коли в спеціальних установках пропускають через повітря потужні електричні іскри, то азот і кисень сполучаються. При цьому утворюються різні так звані о к и с л и а з о т у, їх широко і різноманітно застосовують, зокрема вони потрібні і для вироблення добрив. Крім того, сільському господарству необхідні отрути для винищення шкідників: клящів, комірних жучків, хатніх мишей полівок тощо. Ці отрути виготовляють також з неметалевих копалин: флюориту, сполук елемента талію, який добувають з піриту і т. д.

Каолін і фарфорова статуетка.

Кристали польового шпату ортоклазу, який використовують у фарфоровому виробництві.

Тепер підемо до школи. Ось ми ввійшли до класу. Біля дошки лежить крейда, на партах — зошити. Якщо розглянути під мікроскопом папір, з якого зроблено зошит, то можна побачити, що він має вигляд повсті. Щоб зробити його рівним, гладеньким, треба було наповнити проміжки між волокнами цієї «повсті» дрібнісіньким порошком крейди, гальку, бариту, каоліну. Тому такі речовини і мають назву н а п о в н ю в а ч і в. До них належать різні сорти глин, вохр, графітів і т. д.

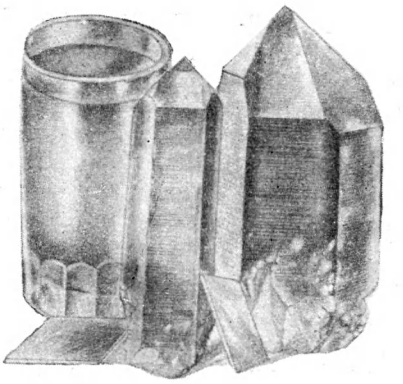
У чорнильниці налито чорнила. Його виготовили з продуктів переробки кам'яного вугілля. Ці продукти мають вигляд і запах дьогтю, а з них роблять духи, анілінові фарби всіх кольорів райдуги, нудотно-солодкий сахарин, сильної дії вибухові речовини, найрізноманітніші ліки і багато, багато інших хімічних сполук.

Наша класна кімната опоряджена красиво: стеля побілена, стіни, вікна і двері

[1] Автор статті — В. І. Соболевський.

пофарбовані. Зроблено це за допомогою неметалевих корисних копалин: крейди, гіпсу, вохри тощо. Нарешті, саме ж приміщення школи, його стіни, фундамент складені з цегли, тобто випалених брусків глини, однієї з найважливіших неметалевих корисних копалин.

Спробуйте продовжити цю цікаву подорож по будинку, вулиці, місту — і скрізь ви зустрічатимете неметалеві корисні копалини.



Два кристали кварцу, кварцові пластинки і стакан з литого кварцу.

До таких корисних копалин належить понад 300 різноманітних мінералів та гірських порід, потрібних багатьом десяткам різних галузей промисловості і сільського господарства Радянського Союзу.

Широко використовує неметалеві корисні копалини хімічна промисловість. Сировиною для неї є апатит, фосфорити, кам'яна і калійна сіль, сірка, пірит, флюорит та ін. Сотні тисяч тонн неметалевих корисних копалин щороку йдуть для потреб скляної і керамічної промисловості(виготовляють фарфорові і фаянсові вироби). Вони використовують кварцовий пісок, глини різних сортів, польовий шпат, флюорит, мірабіліт тощо.

Серед неметалевих корисних копалин чимало цінних шліфуючих матеріалів. Пригадайте, що майже всі виливки з чавуну, сталі, міді і всі поковки повинні бути відшліфовані, відполіровані, перш ніж їх можна застосувати у виробництві. Без шліфуючих речовин неможливе точне припасування ні поршнів у циліндрах моторів, ні частин годинникового механізму, ні будь-яких інших металевих поверхонь. До шліфуючих матеріалів належать мінерали — алмаз, корунд, гранат — і гірські породи — наждак, кварцовий пісок, пемза, діатоміт.

У нашій країні протяжність ліній електропередач становить десятки тисяч кілометрів, сотні тисяч фарфорових ізоляторів підтримують проводи, підвішені до сталевих щогл. Виготовляють ізолятори з суміші чистої глини (каоліну), кварцу і польового шпату (в пропорції 2 : 1 : 1) і після випалювання обливають глазур'ю, яка складається з каоліну, польового шпату, кварцу, борної кислоти, окислів свинцю та ін. Величезну кількість найрізноманітніших ізоляційних матеріалів з мармуру, слюди, з азбесту використовують електростанції. Дуже багато неметалевих корисних копалин використовує щороку промисловість будівельних матеріалів: піски, звичайні глини, гравій, валуни, пісковики, вапняки, сланці, граніт і інші гірські породи. Без них не можна будувати жилі і шкільні будинки, заводи, шосейні дороги і т. д.

Щорічний видобуток корисних копалин для будівельної промисловості досягає у нас багатьох мільйонів тонн. Поруч з цим видобуток багатьох неметалевих корисних копалин обчислюється в частинах грама—каратах (0,2 *г*) і рідше в кілограмах. До цієї групи мінералів належать дорогоцінні камені та самоцвіти. Кілограмами і тоннами видобувають кольорові непрозорі камені дуже красивого забарвлення, які застосовують для виготовлення художніх виробів, як, наприклад, нефрит, малахіт, орлець. З прозорих мінералів — флюориту, ісландського шпату, гірського кришталю — роблять лінзочки та призми для оптичних приладів, мікроскопів і радіоапаратури.

Фосфорит в решетками амоніту і суперфосфат, що виготовляється в фосфоритів.

Опис багатьох неметалевих корисних копалин читач знайде в статтях: «Як дізнатись, який це мінерал», «Як визначити гірську породу», «Як з магми утворюються мінерали та гірські породи», «Як утворюються осадові гірські породи». Тому ми докладно розповімо лише про ті копалини, про які в цих статтях даються лише найбільш загальні і короткі відомості.

Наша країна надзвичайно багата на «камені родючості»,

як називають апатит і фосфорити. З них виробляють найважливіші добрива для полів; з них ми й почнемо огляд.

Про якість апатиту, а також і фосфоритів судять з того, скільки там фосфорного ангідриду (P_2O_5); в апатиті його понад 40%. Щоб краще уявити собі, яке величезне значення для тварин і рослин має фосфор, простежимо за його «подорожжю» по земній поверхні.

Без фосфору неможливе життя ні людини, ні тварин, ні рослин. Немає такого тваринного або рослинного організму, який не містив би фосфору. У кістках хребетних тварин близько 60% фосфорнокислого кальцію, а в зубній емалі морських риб його ще більше.

Первісне джерело фосфору, з якого в природі утворюються різні сполуки, — мінерал апатит. Він дуже поширений в усіх виверженних гірських породах.

Іноді у виверженних породах — нефелінових сієнітах — утворюються великі нагромадження апатиту. Апатит виділяється з застигаючої магми приблизно при 1000°.

При вивітрюванні, руйнуванні гірських порід апатит, що є в них, розчиняється в поверхневих водах. Частину фосфору засвоюють рослини, частина з водою надходить в океан. Підраховано, що, збираючи щороку врожай зернових, ми забираємо з ним сотні тисяч тонн фосфору, добутого рослинами з грунту. Ось чому доводиться вносити в грунт штучні добрива. З рослинною їжею фосфор потрапляє в тіло людини і тварин. Після смерті тваринних і рослинних організмів він знову переходить у розчини, що циркулюють поблизу поверхні землі, знову вбирається рослинами і повторює свій кругообіг. Проте є місця, де фосфор рослин концентрується, нагромаджується: це відбувається в торфовищах. Тут фосфор, відділившись з рослин після їх відмирання, сполучається з залізом (у вигляді окислів воно завжди є в грунтових водах) і утворює мінерал вівіаніт. Його білясті прошарки стають при окисленні повітрям сірувато-синіми і різко виділяються на бурому фоні торфу. Іноді ж вівіаніт просочує всю масу торфу, як, наприклад, у багатьох торфовищах Білорусії. Такий торф — велика цінність: це першокласне добриво. Вівіаніт застосовується також як дешева синя фарба.

Сполуки фосфору, взяті з апатиту, крім добрив (суперфосфат, преципітат), застосовують при виготовленні сірників, отрут для дрібних гризунів, у лакофарбовому виробництві, для одержання особливо міцної фосфористої бронзи, фосфорного чавуну тощо.

Фосфоритів добувають у нас дуже багато. Зовнішній вигляд їх надзвичайно різноманітний: темні камені вигадливих обрисів, закручені спіраллю черепашки амонітів — давно вимерлих молюсків, майже ідеальної форми кулі, які в зломі мають променеву будову, і величезні плити від 0,5 до 1 *м* завтовшки. Не знаючи, яку цінність становить ця «хлібна руда», раніше фосфорити у формі плит застосовували як будівельний камінь.

Будова фосфориту щільна, а в зломі він має землистий колір. В сильну лупу можна бачити піщинки, уламки кістяків найдрібніших морських організмів, черепашок. Усе це скріплене, наче цементом, темним фосфорнокислим кальцієм.

Хімічний склад фосфориту несталий: звичайно фосфорит містить 5—35% фосфорного ангідриду (P_2O_5), 25—50% окису кальцію (CaO), кілька процентів кремнезему (SiO_2), а також у дуже незначній кількості воду і сполуки натрію, калію, фтору, хлору, сірки, заліза, алюмінію, марганцю та ін.

Фосфорити зустрічаються серед відкладів найдавніших морів з рештками морської фауни — черепашками амонітів, «чортовими пальцями» (белемнітами) та ін. Такі фосфорити є, наприклад, під Москвою, у чорних глинах на березі Москви-ріки, поблизу села Коломенського.

Утворились фосфорити з трупів морських тварин, які скупчились у затоках або на дні неглибоких морів (200—1000 *м*) в результаті розкладу і дуже складної хімічної переробки — певно, з участю бактерій.

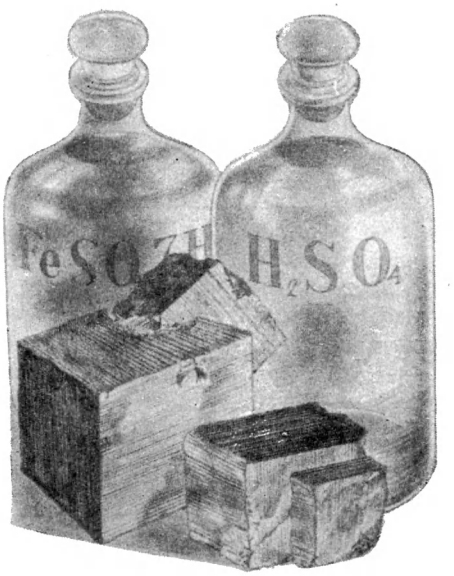
Джерелом діставання важливих для народного господарства хімічних продуктів — сірчистої (H_2SO_3) і сірчаної (H_2SO_4) кислот — є пірит. Сотні тисяч тонн цих кислот застосовують для одержання добрив, у паперовій, текстильній, фармацевтичній, металургійній і багатьох інших галузях промисловості. Частково пірит видобувають разом з кам'яним вугіллям. Як же він туди потрапив? Тканини кожного живого організму містять сірку; при розкладанні (гнитті) тканини рослин кінець кінцем перетворюються на вугілля, а сірка виділяється у вигляді сірководню, який дуже активно сполучається з залізом. А останнє у вигляді розчинів окислів завжди є в підземних водах, що протікають у покладах вугілля. У воду залізо потрапляє при розкладанні темнозабарвлених породо-

твірних мінералів: авгіту, рогової обманки та ін.

Сірчану і сірчисту кислоти добувають з сірчистого газу (SO_2), що виділяється при горінні піриту в особливих ретортах. Сірка є і в інших рудах кольорових металів, наприклад, галеніті, халькопіриті. При їх переробці виділяється сірчистий газ, з якого також готують сірчану кислоту.

Широко використовують у промисловості самородну сірку. Надзвичайно різноманітні і цікаві умови її утворення: деякі родовища знаходяться на схилах кратерів вулканів, де сірка виділилась у вигляді пари з лави. В інших місцях вона утворилась за допомогою бактерій. Як це відбувається, можна собі уявити, ознайомившись докладніше з Чорним морем. Глибина цього моря досягає 2245 *м*, але тільки в тонкому верхньому шарі води його (від 50 до 200 *м*) можливе життя. Уся нижча товща води насичена отруйним сірководнем. Тут живуть у величезній кількості лише особливі бактерії, які розкладають сірчисті солі, розчинені в морській воді. При цьому виділяються сірководень і сірка, що відкладається у вигляді дрібнісіньких кристаликів у тілі бактерії. Після її смерті сірка осідає на дно. Так, мабуть, протягом тисячоліть утворилось багато дуже великих родовищ сірки.

Кристали самородної сірки, яка вживається для виробництва сірчаної кислоти, пороху, сірників, а також при вулканізації каучуку.



Кристали піриту — вихідної сировини для виробництва сірчаної кислоти і залізного купоросу.

Цікавим є спосіб добування сірки з великої глибини. У глибоку бурову свердловину, пройдену до шару сірки, опускають вставлені одна в одну стальні труби. Під величезним тиском у внутрішню трубу нагнітають пару, що розплавлює легкоплавку сірку (температура її плавлення близько 120°). Сірка втискується між трубами і витікає на поверхню землі в підставлені форми.

При вивітрюванні гірські породи тріскаються, руйнуються. Грунтові і дощові води вимивають з мінералів, що їх утворюють,— польових шпатів, рогових обманок і інших — всі розчинні хімічні сполуки. Ці розчини потрапляють у великі ріки і доходять, нарешті, до океанів, поступово збільшуючи в них кількість солей. А надходячи у безстічні улоговини, розчини, випаровуючись, утворюють солончаки, а якщо приплив води з розчинами солей великий—соляні озера. Здалеку солончак і соляне озеро дуже схожі на замерзле, вкрите великими кристалами снігу озеро. Насправді ж це суха, розжарена земля, пісок або глина, вкрита кристалами солі.

Сотні соляних озер розкидані у нас у Закавказзі, Казахстані, республіках Середньої Азії — взагалі в посушливих районах, де навіть короткочасний дощик улітку — явище досить рідке.

У складних природних умовах випадають солі різного складу. Так, є солончаки і соляні озера, що містять звичайну кухонну сіль, соду, магнезіальні, бромисті й інші солі.

Таких мінералів-солей відомо понад сотню; зовнішньо їх часто не можна розрізнити. Промисловість широко використовує ці солі, виготовляючи з них багато різних хімічних препаратів.

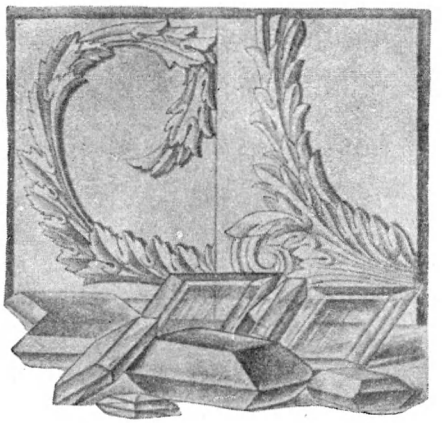
Сотні тисяч тонн солі видобуваємо ми також з родовищ, які залягають в надрах. Кам'яна сіль залягає іноді разом з калійними солями, гіпсом і іншими мінералами.

Кам'яна сіль (NaCl) не тільки йде для вжитку для засолювання риби, обробки шкур та ін. Головна маса її використовується в металургії цинку і свинцю, для одержання хлорного вапна, соляної (хлористоводневої) кислоти та в холодильній справі.

Солі відкладались протягом різних геологічних періодів у затоках, які поступово відокремлювались намивними косами від моря.

Таке явище спостерігається, наприклад, у затоці Кара-Богаз-Гол, на східному узбережжі Каспійського моря.

Спека, гарячі вітри, які дмуть з пустині, спричинюють велике випаровування води в цій затоці. З перенасичених розчинів випадають солі — спочатку такі, що найважче розчиняються, потім солі, що розчиняються дедалі легше.

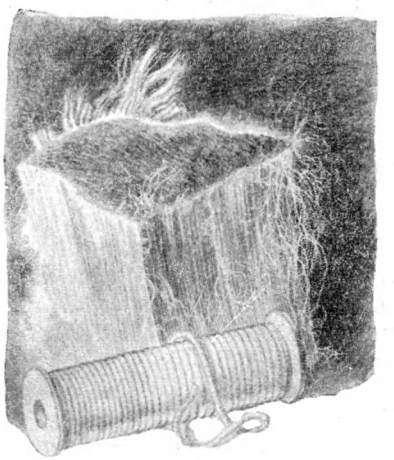


Кристали гіпсу і ліпні оздоби в гіпсу.

Водночас морська вода через вузьке «горло» затоки, відокремленої від моря великою косою, продовжує припливати до неї, і все нові порції солі осідають на дні. Взимку це осідання солей прискорюється, бо в холодній воді розчинність різко падає.

Автор двічі побував на берегах Кара-Богаз-Голу. Перший раз це було в липні. Безкрая нерухома гладінь затоки здавалась гігантським дзеркалом в яскраво-оранжовій оправі берегів. У промінні сліпучого, палючого сонця на темно-синьому фоні води надзвичайно різко виділялися рожеві кульки на тонких паличках — фігури сплячих фламінго. Температура води в затоці досягала +26°. На березі не було видно ані крупинки солі.

Вдруге я потрапив у ці місця в грудні. Був лютий мороз. Ми ходили берегом, кутаючись у кожухи з величезними комірами. Розмовляти було важко: усі звуки заглушав гуркіт прибою. Свинцеві хмари мчали низько над майже чорними хвилями затоки. На наших очах з рваних вершин хвиль викристалізовувалась сіль і викидалась тут же на берег. Температура води була +1°. Гори мірабіліту ($Na_2SO_4\ 10H_2O$) — сотні тисяч тонн — лежали на березі, їх то змивало, то закидало далі від кромки води. Важко словами передати грандіозну велич цього хімічного процесу.



Волокнистий мінерал азбест і шпулька з азбестовою пряжею.

Тепер спеціальне підприємство видобуває тут мірабіліт — речовину, яка потрібна для приготування соди, різноманітних ліків, фарб. Мірабіліт необхідний в скляному виробництві, паперовій, текстильній та інших галузях промисловості.

Для виготовлення добрив, де є калій, використовують карналіт і сильвін — магнезіально-калієву і калієву солі. Крім того, карналіт застосовують для діставання різних сполук калію і магнію, у тому числі металевого магнію. Його добувають з солі так: у розплавлену сіль опускають два електроди і пропускають крізь них постійний струм. Тоді на негативному полюсі осідає металевий магній.

Грандіозні, невичерпні запаси магнію і калію є в Солікамському родовищі.

У будівельній і хімічній промисловості широко використовують гіпс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Крім того, з нього виготовляють форми для різноманітних пластмасових виливків.

Цінною неметалевою корисною копалиною є азбест. В давнину гірники Уралу влучно назвали азбест «гірським льоном», «гірською куделею». Справді, з цього «каміння» ще 250 років тому російські майстри ткали найтонші полотна для сервірування обіднього столу, мережива, завіски. Немає в наш час такого мотора, двигуна, мотоцикла, автомобіля, в якому б не було прокладок з азбесту. Парові котли і трубопроводи потребують для своєї теплоізоляції також цього мінералу.

Якщо «розпушити» невеликий шматочок азбесту завбільшки з лісовий горіх по волокнах, то утворена «пушонка» не вміститься в чайній склянці. Подивіться в лупу, які на диво тонкі окремі волокна,— вони значно тонші за павутинку. Весь мінерал складається з безлічі таких волокон, тісно притиснутих одне до одного. І от, виявляється, якщо покрити особливим способом кожне з волокон пушонки металами —

Різні види корунду

1 — кристали корунду в польовошпатовій породі; *2* — дрібнозернистий рожевий корунд з зеленою слюдою; *3* — кристал корунду; *4* — галька синього корунду (сапфіру); *5* — пластинчастий корунд; *6* — кристал світлого корунду; *7* — алмазний шпат; *8* — кристал жовтого сапфіру; *9* — червоні корунди; *10* — кристали синього сапфіру; *11* — кристал синювато-бурого корунду; *12* — галька рубіну; *13* — кристал зірчастого сапфіру; *14* — синій зірчастий сапфір; *15* — щільнозернистий голубий корунд; *16* — кристал рубіну; *17* — пограновані різноколірні сапфіри; *18* — різноколірні зірчасті сапфіри; *19* — пограновані рубіни.

Різні види берилу

1 — п'ять берилів різного забарвлення; *2* — три аквамарини різного забарвлення; *3* — технічний берил; *4* — геліодор; *5* — аквамарин; *6* — геліодор; *7—8* — пограпені аквамарини; *9* — блідо-зелений аквамарин; *10* — ізумруд в породі; *11* — пограпений ізумруд; *12* — світлий берил; *13* —пограпений кристал світлого берилу; *14* — вироб'євіт.

платиною, паладієм або іншими, — то така пушонка набуває «чудодійних» якостей: пропущені крізь неї деякі гази, пара сполучаються, утворюючи важливі для нас речовини, які іншим способом дістати неможливо. Цим методом широко користуються для одержання різних сполук вуглецю, деяких пластмас і інших речовин.

Магнезит, що вживається в цукровій промисловості.

Багато різних чудових виробів виготовляють з азбесту: костюми для пожежників, для робітників, які працюють біля металургійних печей, вогнетривку черепицю для дахів, картон та ін. Утворюється азбест у тріщинах гірських порід змійовиків. Гарячі води, зв'язані з глибинними породами, протікаючи по тріщинах у змійовиках, розчиняли їх, а на деякій віддалі, у холодніших місцях, розчинений змійовик знову виділявся з розчину, але вже у вигляді волокнистого азбесту.

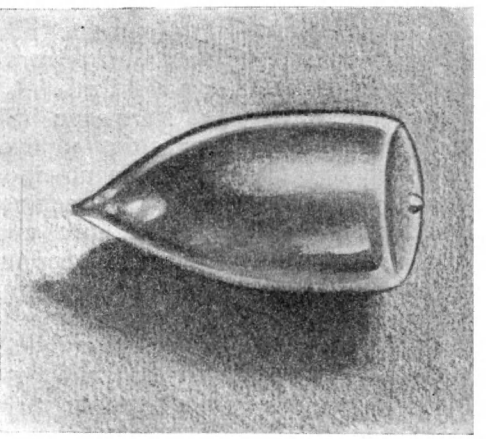
Близький до азбесту своїм складом тальк. Він відомий усім як тонкий, жирний на дотик порошок. Неподрібнений тальк має вигляд дуже м'яких, воскоподібних листочків блідо-зеленого кольору різних відтінків. Його застосовують у паперовій, парфюмерній (для різних кремів, пудр), фарбовій, гумовій, текстильній, керамічній, електротехнічній, металургійній та інших галузях промисловості.

Цікавий мінерал магнезит ($MgCO_3$) — вуглекислий магній — близький своїм складом до змійовикових порід. Він утворюється під дією на глибинні породи гарячих вод, що містять вуглекислоту, а також і іншими шляхами. Зустрічається магнезит у вигляді щільних мас, то дуже схожих на фарфор, то з крупнокристалічною будовою. Його застосування дуже різноманітне; наприклад, з нього роблять особливо міцний цемент, який скріплює зернинки твердих шліфуючих мінералів. Цей цемент використовується при виготовленні точильних кругів.

Надзвичайний інтерес становить група корунду. Корунд за складом — окис алюмінію (Al_2O_3). Це непрозорий буруватий або синюватий мінерал. Корунд — один з найтвердіших мінералів. Природно, що його застосовують головним чином як шліфуючу речовину. Корунд подрібнюють на дуже тонкий порошок і роблять з нього диски для різання, бруски, шліфувальні круги, так звану «шкурку» (папір або матерію з наклеєним зверху корундовим порошком).

Ще ширше, ніж корунд, застосовується у виробництві наждак — порода з порошку корунду з домішкою дрібних зернин кварцу, піриту, слюди, гіпсу й інших мінералів. Наждак обробляють і використовують так само, як і корунд.

Прозорі різновидності корунду — блакитний або синій сапфір і червоний рубін. Ці мінерали такі гарні, що застосовуються як дорогоцінні камені вищої якості. Зустрічаються вони рідко і коштують дорого, а тим часом вони дуже потрібні промисловості. Перед нашою технікою було поставлене завдання: виготовити сапфіри і рубіни заводським шляхом. Тепер рубіни, сапфіри і корунди будь-якого забарвлення виготовляють як у вигляді товстеньких крапельок — бульок, так і у вигляді тонких довгих стовпчиків, з яких нарізують підп'ятнички для коліщаток ручних годинників.



Булька штучного рубіну, з якого виробляють камені для механізму ручних годинників.

Принцип виготовлення таким способом рубінів дуже простий: у центрі пальника з гримучим газом (суміш водню і кисню; температура полум'я близько

3000°) розміщують платинову дротинку, на якій закріплюють ростучий кристал рубіну. Зверху сиплять порошок глинозему (Al_2O_3), який дістають з нефеліну або бокситу. Глинозем плавиться, крапелька його на дротинці, поступово опускаючись, охолоджується. Знизу відбувається затвердіння, кристалізація розплавленої частини рубіну, а зверху кристал продовжує наростати.

Ідея проста, але тільки надзвичайно висока сучасна техніка дала можливість практично поставити цю справу в заводському масштабі.

Агат і вироби з нього.

В останніх стадіях застигання магми утворюються пегматитові жили. В них трапляється немало цінних мінералів; недарма такі жили називають «природними музеями». Там можна зустріти берил, тобто силікат рідкісного елемента берилію, схожого на магній, але значно твердішого, міцнішого, легшого, ніж він. Сплави берилію з міддю, кобальтом, залізом і нікелем надзвичайно легкі при високій водночас міцності. Буруватий, непрозорий берил — руда такого цінного металу — не відзначається красою. Зате його прозорі різновидності дуже красиві: аквамарин[1], яскравий золотисто-жовтий геліодор[2] і ніжно-рожевий вороб'євіт. Зустрічаються і майже безбарвні берили, але найкрасивіша різновидність берилу — ізумруд. Його красу люди оцінили ще тисячоліття тому: при розкопках в Єгипті знаходили золоті прикраси з ізумрудами. Не всі бачили ізумруд, але всі чули вислови: «ізумрудний лужок», «ізумрудна зелень весняного листя». Значить, ясно, який він на колір? Не зовсім так. Забарвлення ізумруду, виявляється, може бути найрізноманітнішим: блакитним, рожевим, золотистим...

До неметалевих корисних копалин належать також різноманітні мінерали групи кремнезему (SiO_2), які бувають кристалічними і аморфними.

Спинимось на головних їх представниках. Гірський кришталь, або кварц, утворює красиві прозорі і безбарвні шестигранні кристали. З його зразків, в яких немає вад (тріщинок, включень), вишліфовують призми та лінзи для особливо точних оптичних приладів і мікроскопів. Такі лінзи значно кращі від скляних, які звичайно застосовуються. Пластинки з гірського кришталю, вмонтовані в радіоприлади, значно підвищують точність їх настройки. Кристали, менш прозорі, використовують інакше: їх розплавляють і з утвореної маси роблять хімічний посуд. Він схожий на простий скляний, але в нього є цікава властивість: у розжарений до червоного кольору кварцовий стакан можна без шкоди для нього налити холодної води. Звичайна склянка при цьому розлетілася б на частини. Гірський кришталь, забарвлений сполуками марганцю в гарний фіолетовий колір, називають аметистом. Його застосовують як дорогоцінний камінь. Зустрічається також гірський кришталь димчастого, жовтого, чорного й інших кольорів. Кварц непрозорий, білий, який називається молочним, утворює різноманітні «кварцові жили». Його застосовують як одну із складових частин скла і при виплавлянні різних металів як флюс[1].

До аморфного (некристалічного) кремнезему належать халцедон, агат і кремінь.

Халцедон (SiO_2) зустрічається у вигляді натьоків, кірочок, конкрецій (стяжінь) блідо-блакитно-сірого, рідше — червонуватого кольору. Внаслідок твердості (7) і однорідної будови його широко застосовують для виготовлення опорних призм (наприклад, для точних хімічних приладів), для лощилок та ін.

Халцедон смугастої будови називають агатом; він буває дуже гарного забарвлення. З нього роблять брошки, пряжки для поясів, портсигари та ін. Халцедон-агат утворюється

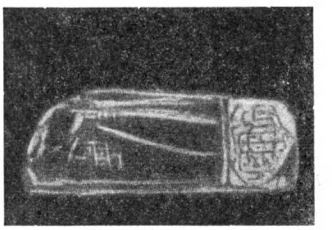
[1] Від латинських слів «аква марина» — морська вода.

[2] Від грецьких слів «геліос» — сонце і «дорон» — дар.

[1] *Флюс*, або *плавень*, додають при плавленні в залізну руду для зниження температури її плавлення та утворення легкоплавкого шлаку, з яким видаляються шкідливі домішки, що були в руді.

під час кристалізації застигаючої вулканічної лави, коли виділяється багато газів і пари. Пригадаємо, що лава — це та сама магма, яка вилилась на поверхню землі. Кам'яна кора, яка утворюється на поверхні лави, не дає вирватись газам і парі назовні, і вони залишаються у вигляді пузирів у твердиучій лаві. Під час дальшого охолодження частина пари конденсується, утворюючи воду, яка циркулює по тріщинках лави. Там вона насичується кремнеземом. Досягнувши пустот — пузирів лави, розчини виділяють кремнезем у вигляді агату. При цьому утворюються характерні для агату форми — кулясті жовна. Халцедон, в якому є домішки окислів заліза, марганцю, глини, іноді рештки морських тварин та ін., називають кременем. Зустрічається він у вапняках, глинах та інших пухких породах. Кремінь утворюється з кремнеземових кістяків морських тварин біля поверхні землі при звичайній температурі в шарах, де циркулюють води, насичені вуглекислотою. Вони розчиняють кремнеземові кістяки, а потім відкладають кремнезем (див. стор. 280—281, кольор. табл. 6) у вигляді конкрецій.

З цієї короткої статті видно, як поширені на Землі неметалеві корисні копалини і яке величезне значення мають вони для нашого народного господарства.



Алмаз «Шах» (у натуральну величину), який одержав російський цар від персидського шаха.

НАШІ АЛМАЗИ І БРИЛЬЯНТИ

«Якщо покласти алмаз на кувадло, змочити його кров'ю козла і вдарити молотом, то і кувадло, і молот розлетяться на шматки, а алмаз залишиться непошкодженим», — так розповідали про алмаз понад тисячу років тому знавці каменів. Вони дивувались твердості алмазу і приписували йому чарівні властивості. Проте коли б ці люди самі зробили цей дослід, то алмаз перетворився б на порох, а кувадло і молот залишилися б цілими.

«Адамас», тобто «нездоланний»,— так називали алмаз стародавні греки. Справді, алмаз — найтвердіша з відомих речовин, до того ж стійка проти кислот, нагрівання, дряпання та ін.

Алмаз за складом — вуглець, однак він завжди містить незначну кількість домішок заліза, марганцю, кремнезему й інших елементів. Завдяки цим домішкам алмази бувають забарвлені в дуже світлі відтінки рожевих, блакитних, зеленуватих і жовтих кольорів.

Алмаз у багато разів твердіший від кварцу (а кварц легко дряпає віконне скло), але крихкий і від найменшого удару розколюється через досконалу спайність (див. стор. 286). Прозорий, без тріщинок кристал алмазу, огранований, відшліфований у вигляді «трояндочки» і вставлений в будь-яку прикрасу, називається брильянтом. Він характеризується надзвичайною прозорістю, грою променів світла, блиском. Це один з найнарядніших дорогоцінних каменів.

У наших сховищах зберігаються надзвичайної краси і цінності алмази з дуже цікавим минулим. Такий, наприклад, алмаз «Орлов», вставлений у скіпетр.

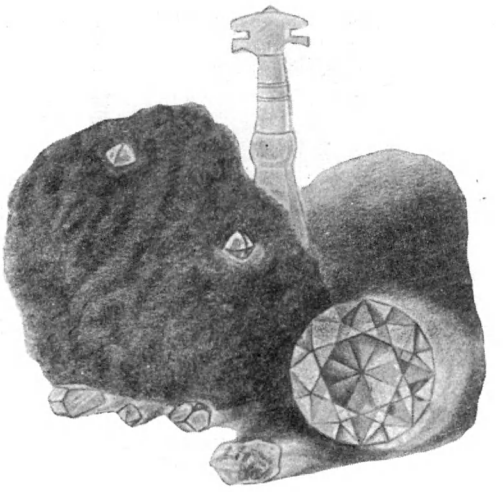
Понад 700 років тому Тавернье, відомий свого часу мандрівник, бачив в Індії величезний брильянт, вставлений в око статуї. Після того як перси розгромили царство Великих Моголів, брильянт потрапив до палацу шаха, а потім ним заволодів Ватікан. Нарешті, брильянт купив російський граф Орлов і підніс його Катерині II.

Алмаз «Орлов», один з найбільших у світі (вигляд вбоку).

Другий знаменитий алмаз — «Шах» — одержав Микола I від персидського шаха як плату за вбитого в Тегерані російського посла — поета О. С. Грибоєдова.

Однак у промисловості значно більше ціняться алмази негарні, каламутні, сірі або чорні, цілком непридатні для прикрас. Їх внутрішня будова неправильна, і тому вони не мають спайності і менш крихкі.

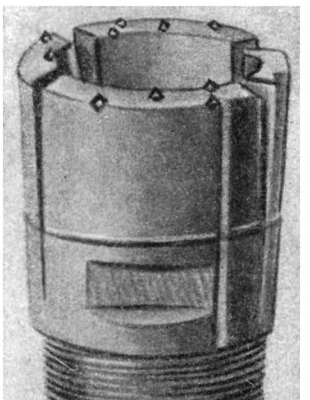
Радянський Союз використовує в різних галузях народного господарства майже всі елементи таблиці Менделєєва. Для їх одержання треба виявити і розвідати величезну кількість родовищ. Для детального розвідування родовищ застосовують розвідувальне буріння, при якому використовують алмази. Дрібні алмази закріплюють на спеціальних бурових коронках, які, швидко обертаючись, вирізують керн, тобто циліндр з руди або породи, який потім вивчають. Масштаби алмазного буріння у нас величезні. Адже на деяких родовищах за рік пробурюють загалом до 40 000 *м*, тобто 40 *км*!



Алмази різної форми: два кристали в кімберлітовій породі; великий погранований брильянт (праворуч); алмаз для різання скла (на задньому плані).

Усі осколки і дрібнісінькі кристалики алмазу перетирають в алмазний пил. З нього роблять абразив — шліфуючу речовину для обробки найвідповідальніших деталей машин, верстатів, приладів. За допомогою алмазного абразиву шліфують також і грані у брильянтів.

Свердла, різці, циркулярні (плоскі, круглі) пилки і багато інших інструментів із вставленими дрібними алмазиками можуть пиляти, різати, свердлити — одне слово, обробляти найтвердіші метали і речовини. Плоскі алмази з просвердленими в них тонісінькими дірочками використовують як фільєри, тобто крізь ці отвори протягують дротинки з вольфраму, танталу й інших дуже твердих металів. Так виготовляють, наприклад, «волоски» для освітлювальних, електронних і інших ламп. З цього видно, яке важливе значення має для нашого народного господарства відкриття у нас родовищ алмазів.



У коронку бура, що врізується в гірські породи, вставляють дрібні кристалики алмазу.

Найбільші родовища алмазів є в Африці (Південно-Африканському Союзі та Конго). В Росії алмази було відкрито ще на початку XIX ст., проте систематичні розвідування їх почались лише в 30-х роках нашого століття.

У 1954—1956 рр. в Якутській АРСР, у басейні р. Вілюю, виявлено дуже великі промислові родовища алмазів. Це так звані «кімберлітові трубки» — гігантські трубоподібні отвори, своєрідні вулканічні жерла, заповнені особливо блакитнуватою або зеленуватою породою — кімберлітом[1]. Геологи називають ці «трубки» некамі.

Утворились неки в результаті величезних вибухів, які значно перевищували відомі нам страшні вибухи вулканів. Бурові свердловини до 5 *км* глибини показали, що склад «трубок» як в Африці, так і в басейні р. Вілюю залишається однорідним і незмінним. Мабуть, джерело вибуху було на глибині не менш як 10 *км*. Безперечно, що вибухи, які пробили таку колосальну товщу порід, зв'язані з катастрофами величезного масштабу: адже діаметр кімберлітових «трубок» такий великий, що часто перевищує 0,5 *км*.

Кімберліт складається з кристаликів олівіну, піропу, блідо-рожево-лілового гранату — альмандину, ільменіту та ін. Цікаво, що в кімберліті є уламки кристалічних сланців і деяких глибинних порід.

Алмази зустрічаються наче розсипаними в масі кімберліту. Хоча розробка неків у нас лише починається, але вже серед добутих багатьох тисяч алмазів, крім дрібних «технічних», трапляється чимало великих — від 0,5 до 2 каратів (див. стор. 308). Зрідка зустрічаються ще більші алмази — понад 30 каратів. Ці алмази мають величезну ювелірну цінність.

Дуже багато кристалів алмазу мають округлену форму. Є думка, що вони утворились в

[1] Свою назву ця порода дістала від назви міста Кімберлі в Африці (Трансвааль).

результаті дуже повільного розчинення кристалів. У кімберлітових «трубках» немало буває і уламків кристалів, які свідчать, що вибух викинув уже «готові» кристали, які поламались у дорозі.

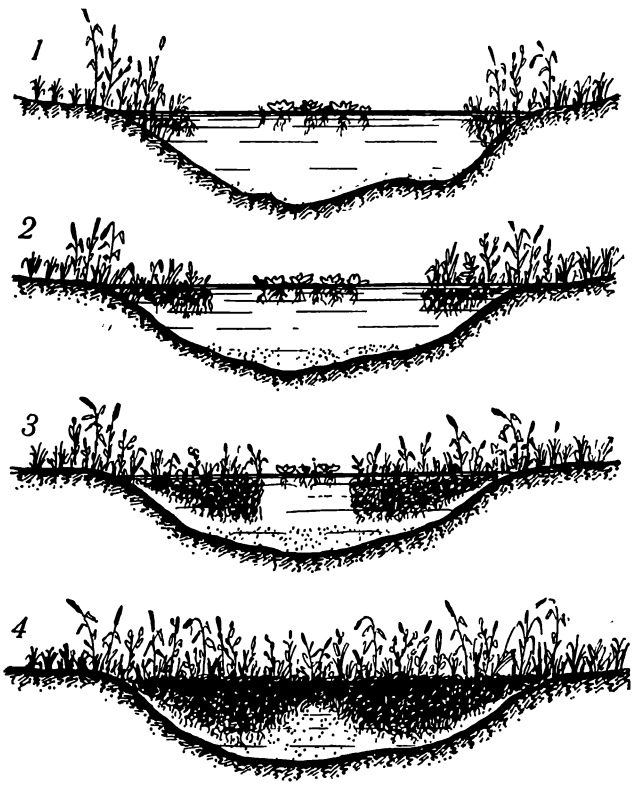
Як же утворились ці алмази? Де утворюються неки, де треба їх шукати? Скільки ще таких питань мають розв'язати геологи, які розшукують алмазоносні неки, і гірничі інженери, які розробляють родовища алмазів!

ЯК УТВОРЮЄТЬСЯ І ЯК ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ТОРФ

Ставок колись був проточним. Чиста джерельна вода наповнювала його. Лише біля берегів росло біле та жовте латаття і густа осока шуміла на вітрі. Але зменшився приплив води, яка живила ставок, і він поступово почав заростати, вкриватися різною болотною рослинністю. Зелені зарості очерету і осоки рік у рік ставали густішими, просувались далі до середини ставка; у деяких місцях вони утворили суцільні поля. Ставок перетворився у болото. Чисту воду стало видно тільки в окремих місцях — «вікнах».

Болото, в якому вже і вікна заросли, легко прийняти за соковиту зелену луку. Але ходити по ній небезпечно, бо місцями цей рослинний покрив являє собою хитку поверхню: під ним — трясовина і вода. Зросле коріння рослин може не витримати ваги людини. А вибратись з болота дуже важко: спертися руками нема на що, і густа трясовина може «засмоктати» знесилену людину.

Підводні частини рослин у такому болоті відмирають і падають на дно. Там вони частково розкладаються, але не згнивають зовсім, бо в воді недостатньо повітря для повного розкладання, гниття. Поступово протягом тисячоліть на дні болота утворюється торф — ущільнена маса бурого кольору, що складається з величезного скупчення мертвих залишків рослин, які не цілком розклались.



Стадії утворення болота:

1 — проточний ставок; *2* — приплив джерельної води зменшився, і ставок почав вкриватися рослинністю; *3* — рослинність затягла майже весь ставок, лишилися тільки невеликі ділянки води — «вікна». Ставок перетворився на болото; *4* — «вікна» заросли. Коріння рослин, сплітаючись, утворило трясовину. Дно почало вкриватися відмерлими частинами рослин.

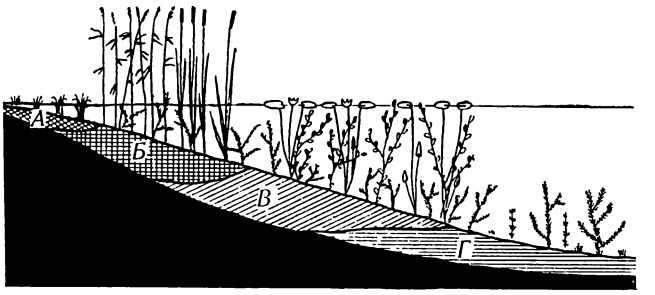
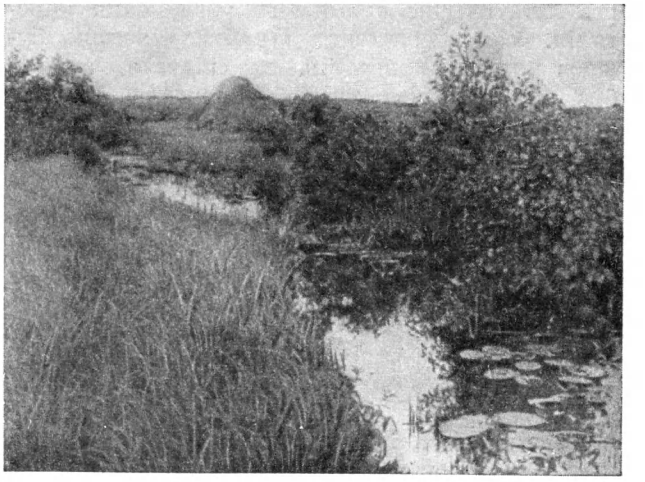


Схема утворення торфу в болоті:

А — осоковий торф; *Б* — очеретяний і комишевий торф; *В* — шари сапропелю, який підстилає торфовище; *Г* — сапропеліт.

Верхове болото.



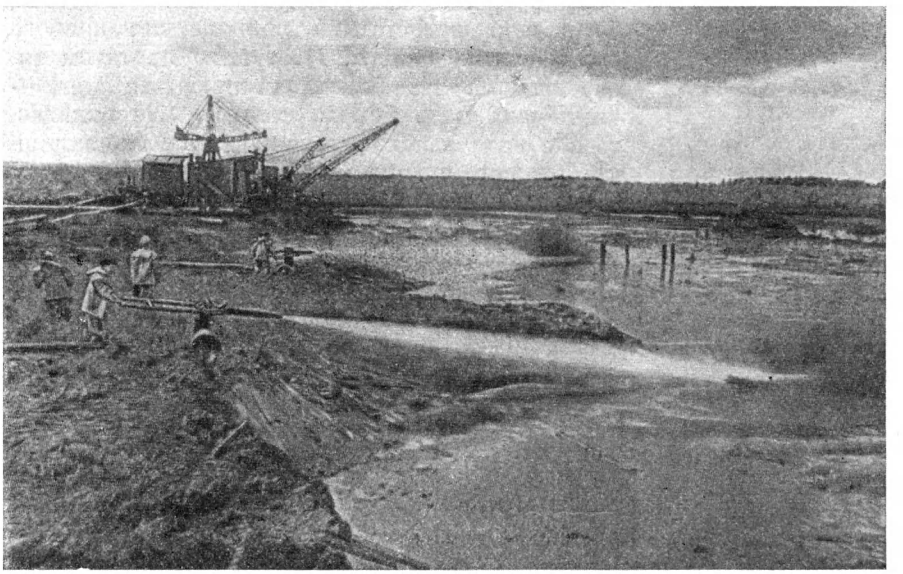
Заплавне болото з заростю протокою.

Болота, де вже утворився торф, називають торфовими. Якщо торфу в них багато і його вигідно розробляти, то такі болота називають торфовищами. Площі торфових боліт часто бувають величезні — на кілька десятків тисяч гектарів. Товщина торфу звичайно 1,5—2 *м*, а іноді досягає навіть 11 *м*.

Болота можуть бути вкриті різною рослинністю. В одних випадках в їх покриві переважає торфовий мох — сфагнум. Такі болота розташовані завжди на вододілах (верхові болота). В інших випадках рослинний покрив болота складається в основному з осоки або очерету. Болота з осоковим і очеретяним торфом бувають у знижених місцях (низинні болота). Дуже часто на торфовищах ростуть окремі дерева, тому різні види торфу нерідко мають домішки деревини сосни, вільхи, берези та ін.

У деяких місцевостях, головним чином у субтропічних і тропічних широтах, торфовища утворюються на болотах, де росте багато високих дерев. Прикладом можуть бути болота Флоріди в Північній Америці з заростями болотного лавра і болотного кипариса. З таких торфовищ утворювалось у минулі геологічні періоди викопне вугілля.

Початок утворення багатьох торфовищ припадає на післяльодовиковий період. Але відомі окремі випадки збереження викопного торфу давніх геологічних періодів. Так, наприклад, прошарки торфу кам'яновугільного періоду



Гідравлічний спосіб видобування торфу: розмив торфової маси струминою високого тиску.

знайдено в покладах вугілля Підмосковного басейну.

Торфовища ростуть і тепер, збільшуючи шар торфу на 0,5—3 *мм* за рік. Більшість сучасних торфовищ лежить в Європі, Азії та Північній Америці.

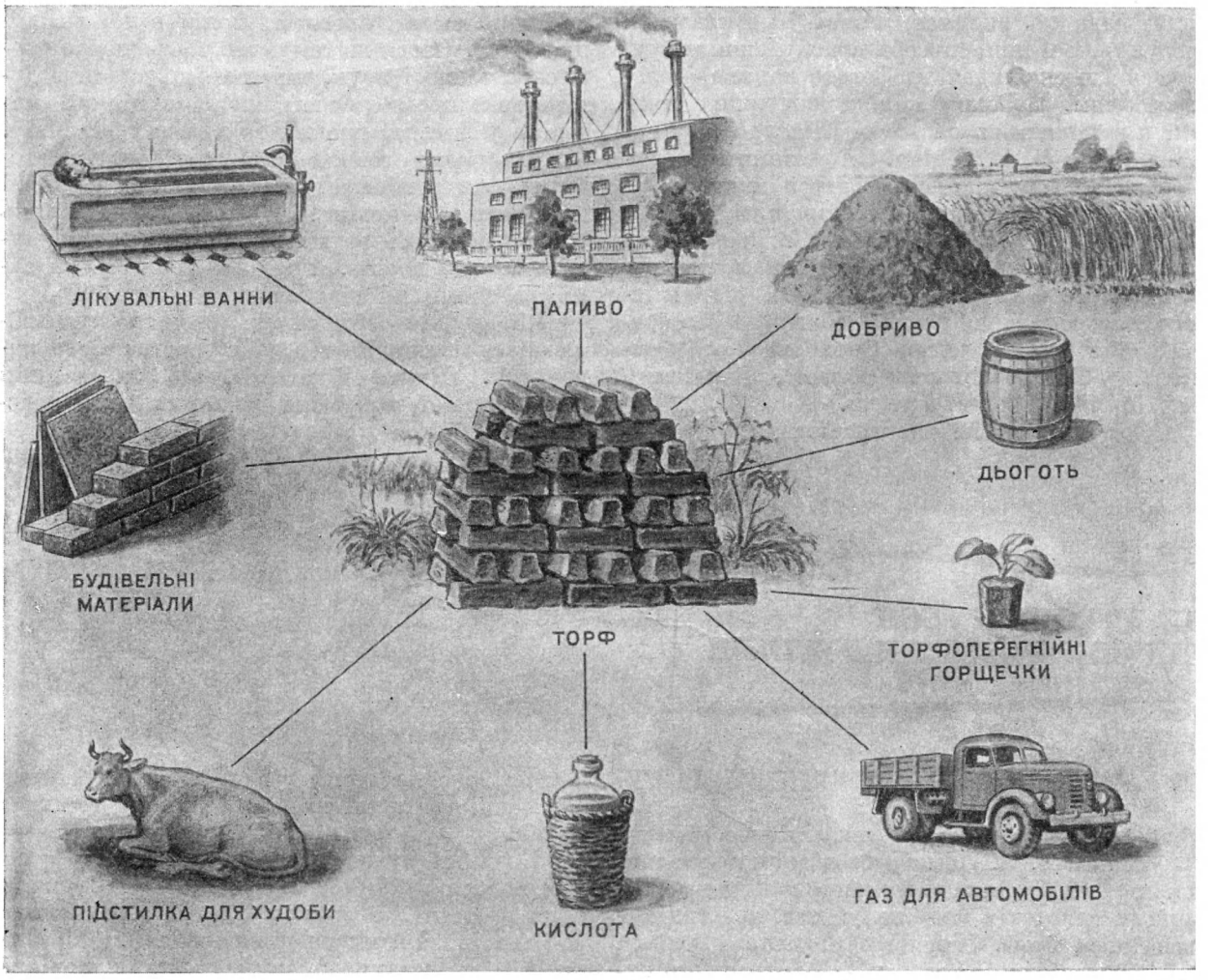
Особливо багата на торфовища наша країна. На Радянський Союз припадає майже дві третини світових запасів торфу.

У царській Росії величезні торфові багатства країни використовувались надзвичайно мало. Тільки при Радянській владі почалось систематичне використання торфових запасів країни. У роки громадянської війни В. І. Ленін звернув увагу на торф як на цінне місцеве паливо, яке може допомогти молодій Радянській республіці, відрізаній від основної паливної бази — Донбасу, вийти з паливної кризи.

Особливо великі запаси торфу високої якості виявили і розробляють у нас на Північному і Середньому Уралі, у Карелії, Горьковській, Московській, Івановській, Калінінській, Ленінградській областях, на значній частині Білоруської РСР і в багатьох місцевостях Сибіру та Алтаю.

Щоб полегшити важку працю робітників, у нас широко застосовують механізацію видобування торфу.

Так, у перші ж роки після Жовтневої



Як використовують торф.

революції при енергійній підтримці В. І. Леніна був розроблений і почав широко застосовуватись на практиці дуже цікавий гідравлічний спосіб видобування торфу. Суть його така: струминою води високого тиску торф розмивають і перетворюють на рідку масу. Потім цю торфову кашку перекачують на сусідні сухі рівні ділянки, які називають полями розливу. Торф поступово висихає, і тоді особливими ножами, укріпленими на широких колесах трактора, його ріжуть на «цеглини» (брикети).

У першій п'ятирічці розробили ще один механічний спосіб видобування торфу — фрезерний. Він полягає в тому, що особливим механізмом, причепленим до трактора, розпушують тонкий поверхневий шар торфового покладу. Одержана торфова кришка тут же, на місці, швидко висихає, потім її збирають і пресують. Є й інші способи видобування торфу.

Основні споживачі торфового палива — електростанції. Перша з наших потужних станцій, які працюють на торфі (Шатурська), названа ім'ям В. І. Леніна. Ця станція постачає електроенергію підприємствам і жилим будинкам столиці нашої Батьківщини Москви і Московської області. Крім Шатурської, на торфі працює багато інших потужних електростанцій: ім. Классона (винахідник гідравлічного способу видобування торфу) в Московській області, «Красный Октябрь» і «Дубовская» в Ленінградській області, Балахнинська біля м. Горького та ін.

Щодо потужності електростанцій, які працюють на торфі, тобто тієї кількості електроенергії, яку вони виробляють, СРСР займає перше місце в світі.

Торф нерідко використовують замість вугілля і дров у топках заводів та фабрик, розташованих поблизу торфових розробок.

У торфі дуже багато вологи (води) — значно більше, ніж у вугіллі. Щодо кількості виділюваного тепла він перевищує дрова, майже дорівнює деяким сортам бурого вугілля, але значно поступається перед кам'яним вугіллям і нафтою.

Основна маса торфу, що в нас видобувається, використовується для потреб народного господарства як паливо, але частина його витрачається і з іншою метою.

Так, наприклад, в результаті хімічної переробки з торфу добувають світильний газ, деревний спирт, дьоготь і деякі цінні хімічні продукти. Завдяки тому, що торф погано пропускає тепло і звук, він застосовується в будівельній промисловості як ізоляційний матеріал у вигляді прокладок у стінах будинків. У сільському господарстві торф використовують для удобрювання: він містить поживні для рослин речовини. З торфу виготовляють торфоперегнійні горщечки, в яких вирощують розсаду овочів. Торф використовують замість соломи як підстилку для худоби.

Рік у рік збільшується число розроблюваних покладів торфу і зростає його видобуток. Цікаво відмітити, що за останні роки чимало торфовищ знайшли юні краєзнавці.

ЯК УТВОРЮЮТЬСЯ ПІДЗЕМНІ СКЛАДИ ВУГІЛЛЯ

ЯК УТВОРЮЄТЬСЯ КАМ'ЯНЕ ВУГІЛЛЯ

Майже 200 років тому геніальний російський учений М. В. Ломоносов цілком правильно пояснив утворення викопного вугілля з рослинних залишків подібно до того, як утворюється тепер торф. Ломоносов вказав і умови, які потрібні, щоб торф перетворився на вугілля: розклад рослинності «без вільного повітря», висока температура всередині Землі і «тяжкість покрівлі», тобто тиск гірських порід.

Потрібно дуже багато часу, щоб торф перетворився в кам'яне вугілля. Торф скупчується в болоті, а зверху болото заростає все новими й новими шарами рослин. На глибині торф поступово змінюється. Складні хімічні сполуки, з яких складаються рослини,

розпадаються на простіші. Одна частина розчинюється і виноситься з водою, друга переходить у газоподібний стан: вуглекислий і світильний газ — метан (цей самий газ горить і в наших плитах). Велику роль при утворюванні вугілля відіграють грибки і бактерії, що населяють усі торфовища. Вони допомагають руйнуванню рослинної тканини. У процесі цих змін торфу в ньому нагромаджується найстійкіша речовина—вуглець. Видозмінюючись, торф стає дедалі багатшим на вуглець.

Ліс кам'яновугільного періоду.

Вуглець у торфі нагромаджується без доступу кисню, інакше, сполучаючись з киснем, він перетворився б цілком у вуглекислий газ і звітрився б. Утворюючись, шари торфу спочатку ізолюються від кисню повітря водою, що їх вкриває, потім новими шарами торфу.

Так поступово торф перетворюється у викопне вугілля. Розрізняють кілька основних видів викопного вугілля: лігніт, буре вугілля, кам'яне вугілля, антрацит, богхед та ін.

Найбільше схожий на торф лігніт — пухке вугілля бурого кольору, не дуже давнього походження. У ньому ясно видно залишки рослин, головним чином деревини (звідки й сама назва «лігніт», що означає «дерев'яний»). Лігніт — це деревний торф. У сучасних торфових болотах помірної смуги торф утворюється переважно з торфового моху, осоки, очерету, але в субтропічній смузі земної кулі, наприклад, у лісових болотах Флоріди в США, утворюється і деревний торф, який дуже схожий на викопний лігніт.

При інтенсивнішому розкладі і зміні рослинних залишків створюється буре вугілля. Колір у нього темно-бурий або чорний, він міцніший за лігніт, у ньому рідше трапляються залишки деревини і розгледіти їх важче. Під час горіння буре вугілля дає більше тепла, ніж лігніт, бо воно багатше на вуглець. Буре вугілля з часом не завжди перетворюється в кам'яне. Відомо, що буре вугілля Підмосковного басейну одного й того ж віку, що й кам'яне вугілля на західному схилі Уралу (Кізелівський басейн). Буре вугілля в кам'яне перетворюється лише тоді, коли шари його опускаються в глибші горизонти земної кори або коли відбуваються процеси горотворення (див. стор. 166). Для перетворення бурого вугілля в кам'яне або антрацит потрібні дуже висока температура і великий тиск у надрах Землі. У кам'яному вугіллі вже тільки під мікроскопом видно залишки рослин; воно важке, блищить і часто буває дуже міцним. Деякі сорти кам'яного вугілля самі або разом з іншими сортами коксуються, тобто перетворюються в кокс (див. стор. 142 і 308).

Найбільше вуглецю в чорному блискучому вугіллі — антрациті. Знайти в ньому залишки рослин можна тільки під мікроскопом. Згоряючи, антрацит дає більше тепла, ніж усі інші сорти вугілля.

Богхед — щільне чорне вугілля з раковистою поверхнею злому; при сухій перегонці дає велику кількість кам'яновугільного дьогтю — цінної сировини для хімічної промисловості. Богхед утворюється з водоростей і сапропелю.

Чим довше вугілля лежить у земних шарах і чим більше воно зазнає тиску і дії глибинного жару, тим більше в ньому вуглецю. В антрациті близько 95% вуглецю, у бурому вугіллі — близько 70%, а в торфі — від 50 до 65%.

У болото, де спочатку нагромаджується торф, звичайно разом з водою потрапляють глина,

пісок і різні розчинені речовини. Вони утворюють мінеральні домішки в торфі, які потім залишаються і у вугіллі. Ці домішки нерідко дають прошарки, що роз'єднують пласт вугілля на кілька шарів. Домішки забруднюють вугілля і ускладнюють його розробку.

При спалюванні вугілля всі мінеральні домішки залишаються у вигляді золи. Чим краще вугілля, тим менше в ньому буде золи. У добрих сортах вугілля її лише кілька процентів, але іноді кількість золи досягає 30—40%. Якщо золи більше 60%, то вугілля взагалі не горить і не придатне як паливо.

Грудка породи з вугільного родовища з відбитком викопної рослини.

Вугільні пласти бувають різні не тільки за своїм складом, а й за будовою. Іноді весь пласт на всю товщину складається з чистого вугілля. Значить, він утворився у торфовому болоті, куди майже не потрапляла вода, забруднена глиною і піском. Таке вугілля можна відразу спалювати. А частіше пласти вугілля чергуються з глинистими або піщаними прошарками. Такі пласти вугілля називають складними. У них, наприклад, на пласт в 1 *м* завтовшки припадає нерідко 10—15 прошарків глини завтовшки по кілька сантиметрів кожний, а чистого вугілля буває лише 60—70 *см*; при цьому вугілля може бути дуже високої якості.

Щоб мати з вугілля паливо з малим вмістом сторонніх домішок, його збагачують. З шахти породу відразу відправляють на збагачувальну фабрику. Там видобуту в шахті породу в спеціальних машинах подрібнюють на дрібні куски, а потім відокремлюють від вугілля всі глинисті грудочки. Глина завжди важча, ніж вугілля, тому домішки вугілля з глиною промивають струминою води. Силу струмини беруть таку, щоб вона виносила вугілля, а важча глина залишалась би внизу. Потім воду з вугіллям пропускають через часту решітку. Вода стікає, і вугілля, вже чисте, без глинистих частинок, збирається на поверхні решітки. Таке вугілля називають збагаченим. Золи залишається в ньому зовсім небагато. Буває, що зола у вугіллі є не шкідливою домішкою, а корисною копалиною. Наприклад, тонка глиниста муть, яка приноситься в болото струмками й річками, нерідко утворює прошарки цінної вогнетривкої глини. Її спеціально розробляють або збирають золу, яка залишається після згоряння вугілля, а потім використовують для виготовлення фарфорового посуду й інших виробів. Іноді в золі вугілля знаходять германій (див. стор. 115).

ЯК УТВОРЮЮТЬСЯ ПЛАСТИ ВУГІЛЛЯ ЗАВТОВШКИ ДО 100 МЕТРІВ

Товщина торфу в сучасних болотах звичайно становить кілька метрів, лише іноді досягає 10 *м*.

З такого торфовища може утворитись пласт вугілля завтовшки 1—2 *м*.

Сухий пористий торф легко плаває на воді, і питома вага його дорівнює 0,2, тобто він у 5 раз легший за воду. А кам'яне вугілля має питому вагу 1,2—1,5; це значить, що воно майже в 1,5 раза важче, ніж вода. Така велика вага вугілля є результат великого ущільнення (у 5—10 раз), якого зазнав торф, перетворюючись у вугілля.

У багатьох вугільних родовищах нашої країни відомі пласти вугілля завтовшки 20—30 *м*. Щоб вони утворились, потрібні були пласти торфу завтовшки понад 100 *м*. А в деяких місцях Радянського Союзу є пласти вугілля, що досягають 100 *м* товщини. Такі пласти відомі в Башкирській АРСР біля Уфи, на Уралі біля Челябінська, на східному схилі Південного Уралу. На утворення їх пішло багато сотень метрів торфу. Як же вони могли утворитися?

У статті «Як утворюються гори» розказано про рухи земної кори, підняття та опускання, що відбуваються в різних місцях. Товсті шари торфу можуть утворюватися тільки в тих місцях земної поверхні, де відбувається повільне, вікове опускання.

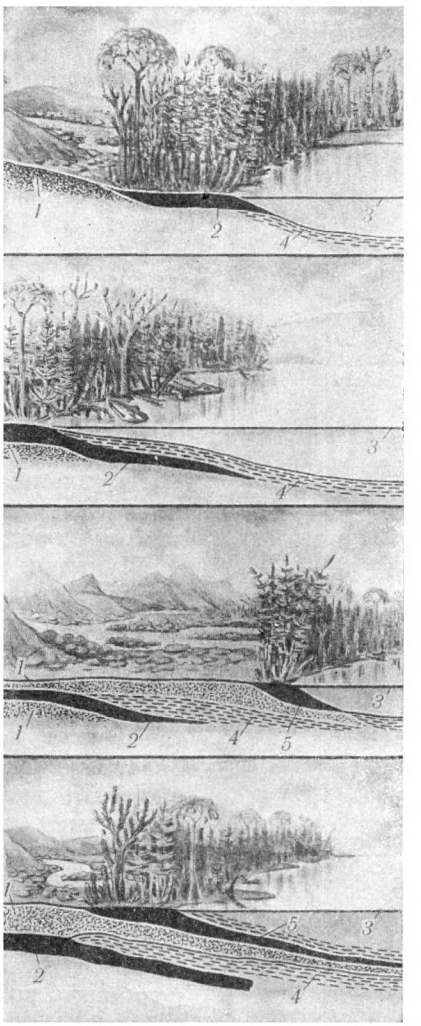
У міру того, як торф, що скупчується в болоті, опускається на глибину, зверху наростають нові шари його. Якщо таке опускання і одночасне наростання торфу зверху відбувається багато тисяч років, то в результаті нагромаджується матеріал для утворення товстих і надтовстих пластів вугілля.

ЯК УТВОРЮЮТЬСЯ ВУГІЛЬНІ БАСЕЙНИ

Рідко буває, щоб у вугільному родовищі існував лише один пласт вугілля. Найчастіше їх буває кілька і розташовані вони один над одним. У Донецькому і Кузнецькому басейнах зустрічається понад 50 вугільних пластів. Раніше вважали, що послідовність різних порід у вугленосних товщах випадкова, але тепер доведено, що в кожному вугленосному басейні існує своє, дуже правильне чергування вугілля з іншими шарами.

У Донецькому басейні, наприклад, трохи вище від пластів вугілля звичайно залягають вапняки з викопними черепашками морських тварин. Значить, ці породи утворилися в морі. Вище від морських порід на нерівній, розмитій поверхні містяться шари пісковику. З багатьох ознак видно, що ці пісковики є річкові наноси. На пісковиках залягають глинисті дрібнозернисті породи, серед яких лежить дальший пласт вугілля. Під цим пластом звичайно зустрічають темно-сіру глинисту породу з залишками численних корінців рослин. Вона схожа на сучасний грунт; її називають викопним грунтом. Над шаром вугілля, що лежить нижче, знов іде шар порід з морськими черепашками і повторюється та сама послідовність відкладів.

Таку послідовність вчені пояснюють тим, що вугленосні шари Донецького басейну нагромаджувались на низькому морському березі. При цьому море час від часу затоплювало узбережну рівнину і відкладало вапнякові або глинисті осади (див. два верхніх і нижній рисунки). Коли море відступало (див. третій рисунок зверху), на сирому березі, серед величезних боліт, буйно розвивалась лісова рослинність. У болотах торф перетворився згодом у вугільний пласт. По другий бік боліт була суша, по якій текли струмки та ріки, залишаючи піщані наноси. Ці наноси перетворились потім у пласти пісковиків. Саме через це у вугленосній товщі Донецького басейну вугілля лежить між шарами морського походження і річковими відкладами.



Схема, що пояснює походження вугленосних шарів у Донецькому басейні:

1 — річкові відклади; *2* — перше торфовище; *3* — рівень моря; *4* — морські осади; *5* — друге торфовище.

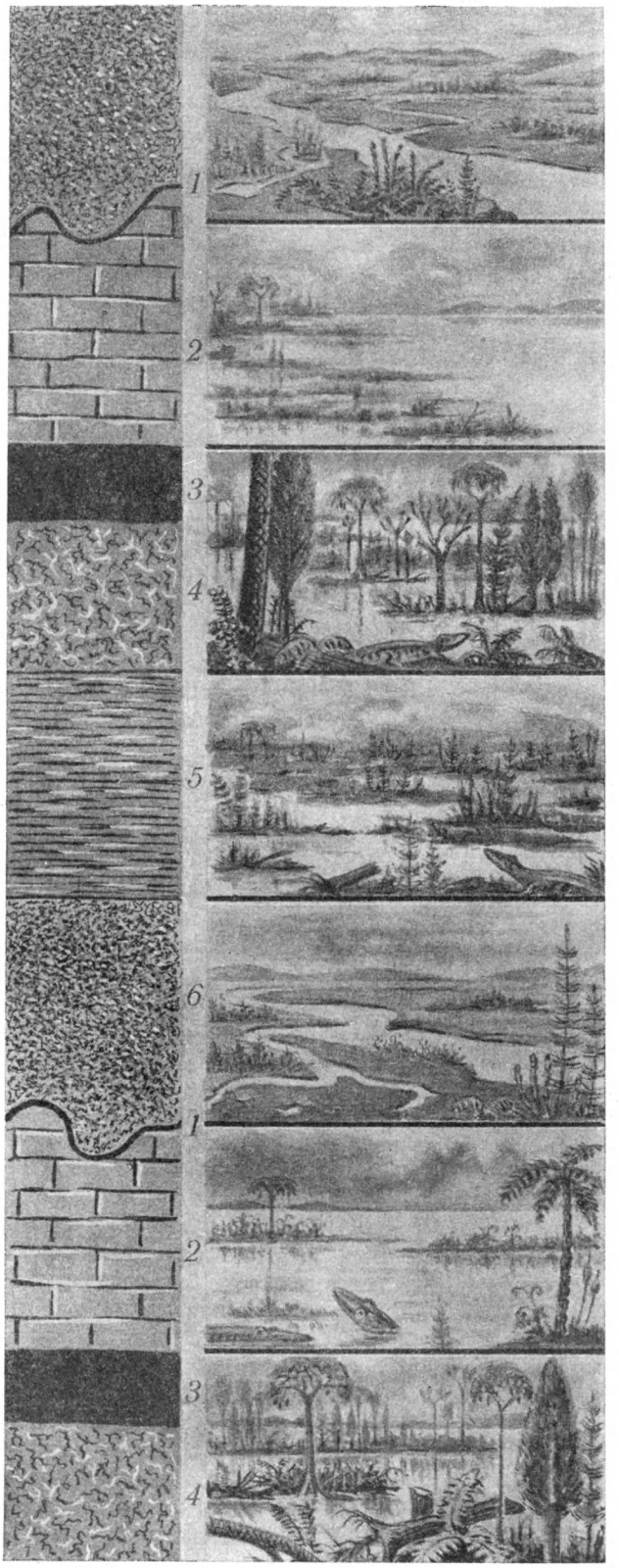
В історії Землі було кілька періодів, коли кам'яне вугілля утворювалось особливо інтенсивно. Один з періодів, який залишив на Землі багато кам'яновугільних басейнів, має навіть назву кам'яновугільного.

У кам'яновугільному періоді на Землі був вологий, теплий клімат, сприятливий для розвитку розкішної деревовидної болотяної рослинності: велетенських лепідодендронів, сигілярій, каламітів, папоротей та кордаїтів (близьких до хвойних дерев). Відбитки кори і листя, плодів та коріння цих рослин трапляються в підстилаючих породах і пластах кам'яного вугілля (див. рис. на стор. 138).

Маса рослинних залишків нагромаджувалась у приморських болотах, що перетворились через багато мільйонів років у кам'яновугільні басейни.

Приморські болота й тепер зустрічаються в країнах з вологим кліматом і низькими морськими берегами. Є вони і у нас в СРСР, наприклад, на берегах Чорного моря в Грузії біля міст Поті і Батумі. Особливо багато таких боліт в областях з напівтропічним і тропічним кліматом, наприклад, на березі Мексіканської затоки на п-ві Флоріда в Північній Америці.

Викопне вугілля утворилось не тільки з приморських торфовищ. У багатьох вугленосних басейнах нашої країни вугільні пласти лежать серед шарів континентального походження, а морських осадів зовсім немає у вугленосній товщі. Таке вугілля відоме на Уралі (біля Челябінська), у Сибіру (біля Іркутська) та в інших районах. Ці кам'я-



новугільні басейни утворились у давніх гігантських торфових болотах далеко від морських берегів. За багато мільйонів років торф перетворився на кам'яне вугілля, яке використовується тепер у нашому народному господарстві.

ДЕ В НАШІЙ КРАЇНІ Є ВИКОПНЕ ВУГІЛЛЯ І ЯК ЙОГО ШУКАЮТЬ

Вугільні поклади є в нас у багатьох місцях: на берегах Льодовитого океану, у тундрі, під Москвою, у Сибіру, на Далекому Сході, на самому півдні країни — біля кордону з Афганістаном та Іраном. Вугільні родовища є й розробляються на заході — за Карпатами, а також на східній окраїні країни — на берегах Тихого океану, на о-ві Сахаліні. Багато вугілля в Сибіру, на Україні — одне слово, воно зустрічається по всьому Радянському Союзу.

Багаті родовища кам'яного вугілля називаються вугленосними басейнами. Добре відомі Підмосковний басейн, розташований на південь від нашої столиці, Донецький басейн на Україні, Карагандинський басейн у Казахстані, Кузнецький басейн у Західному Сибіру, Тунгуський басейн у Східному Сибіру і багато інших

А скільки, мабуть, у різних місцях країни ще не виявлених родовищ, закритих зверху іншими породами!

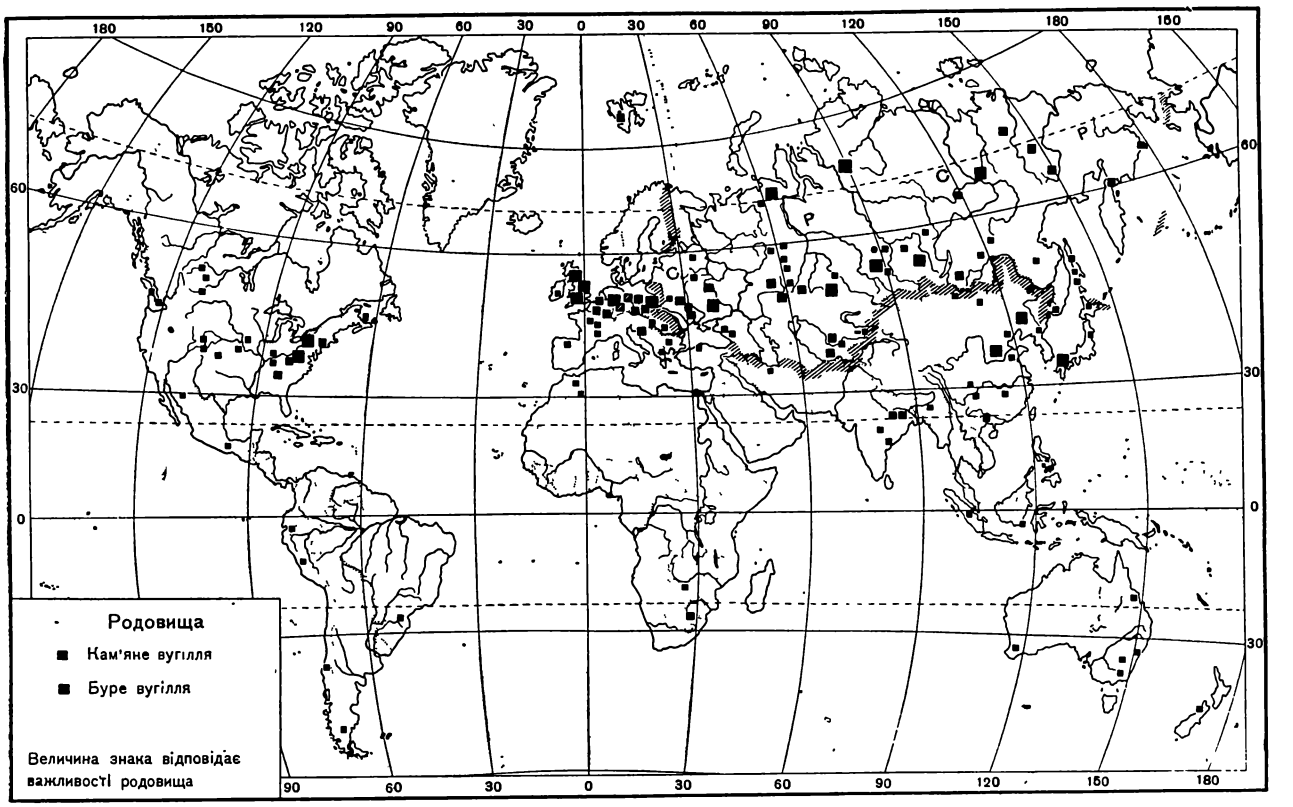
Шукання нових родовищ — дуже цікава робота.

Найпростіший і найстаріший спосіб шукання, яким користувались ще сотні років тому,— це, як кажуть геологи, шукання «по виходах». Де-небудь у руслі річки або на схилах гори знаходять уламки вугілля. Значить, вище проти течії річки або по схилу має бути вугілля. Його починають шукати. Знайшовши окремі — навіть невеликі — виходи вугілля, розкопують грунт і добираються до самого вугільного пласта. А іноді вугілля виявляють відразу — при копанні колодязя або якої-небудь ями.

Коли вихід вугільного пласта знайдено, починають розвідувальні роботи: досліджують,

Розріз шарів в вугіллям у Донецькому басейні:

1 — лінія розмиву; *2* — вапняк морського походження; *3* — вугільний пласт болотного походження; *4* — глина з рештками корінців рослин; *5* — глина приморського походження; *6* — пісковик річкового походження.



Карта головних родовищ вугілля на земній кулі.

як далеко він поширюється, чи є поруч інші пласти і якої якості. Для цього геологи уважно вивчають навколишні місця, складають геологічну карту, на яку наносять усі гірські породи, що є в районі; потім копають канави, риють спеціальні розвідувальні ями — шурфи, іноді бурять дуже глибокі свердловини, щоб розкрити вугілля і вивчити умови його залягання.

Але шукання «по виходах» завжди залежить від випадкових причин. Через те тепер найчастіше застосовують складніші і досконаліші способи шукання

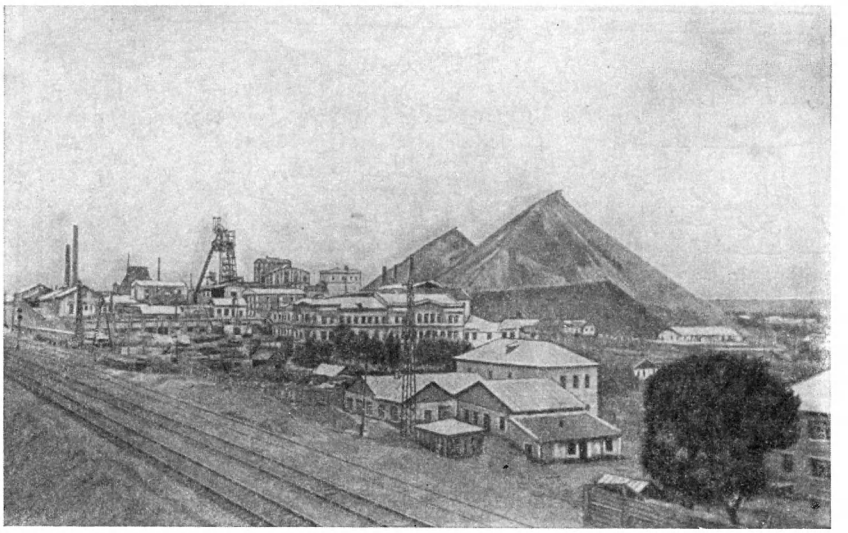
Відомо, що вугілля проводить електричний струм краще, ніж інші породи. Визначаючи за допомогою спеціальних, дуже складних приладів електропровідність різних шарів на глибині, геологи дізнаються, чи є серед них пласти вугілля.

Іноді шукання проводять за допомогою вибухів, спостерігаючи, як проходять через земну кору коливання, спричинені цими вибухами.

Розшукувати вугілля людям допомагають бактерії, що розвиваються в місцях скупчення газу, який виділяють вугільні пласти. У грунті знаходять місця скупчень цих бактерій і по них визначають наявність вугілля на глибині.

Усі прийняті способи шукання грунтуються на знанні умов, в яких утворюється вугілля. Відомо, наприклад, що серед глибоководних морських осадів вугілля знайти не можна. Немає його ні в льодовикових відкладах, ні у відкладах пустинь та ін. Вугілля зустрічається або там, де морські узбережні шари чергуються з континентальними, або серед континентальних водних відкладів — річкових та озерних. Отже, щоб знайти вугілля, треба шукати такі породи, які за умовами свого утворення могли б містити вугільні пласти.

Геологи вміють відрізняти давні річкові відклади від озерних, а озерні — від морських. Породи морського походження геологи розрізняють залежно від того, на якій глибині вони утворились: мілководні і узбережні



Загальний вигляд кам'яновугільної шахти в Донбасі. За шахтою видно гори відвалів — терикони.

породи відрізняються від глибоководних і своїм виглядом, і вмістом решток вимерлих тварин.

Крім того, геологи знають, що річкові, озерні та морські мілководні породи можуть бути найрізноманітнішого віку: дуже давні, які утворились сотні мільйонів років тому, і відносно молоді, яким лише 1—2 млн. років, а то навіть ще молодші. Але не в усіх цих відкладах однаково часто трапляються пласти вугілля.

У дуже давніх породах, що утворились приблизно 300 млн. років тому і більше, вугілля взагалі не може бути, бо тоді ще не існувало наземних рослин і не було торфовищ. Рослини, які з'явились на суші, розвивались поступово і в певні моменти геологічної історії давали матеріал для утворювання торфу.

Чи може школяр допомогти в розшукуванні вугілля? Звичайно, може. Найлегше вдається виявити пласти вугілля, розташовані поблизу поверхні.

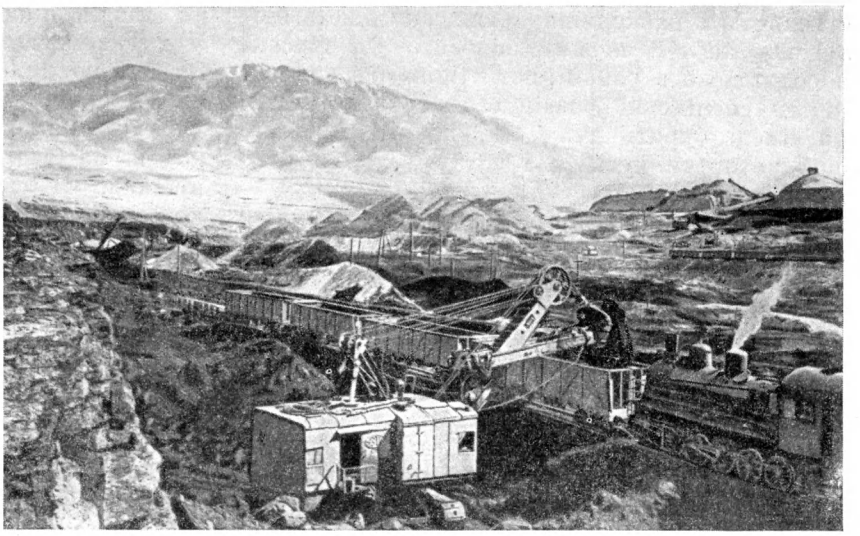
Щоб знайти вугілля, яке виходить на поверхню, треба насамперед зібрати у місцевих жителів відомості, чи не знаходили вони кусків вугілля на ріллі, на схилах горбів, може навіть де-небудь в яру або на березі ріки. Треба розпитати, чи не траплялось вугілля в ямах, колодязях. Добуті відомості треба особисто перевірити.

Під час екскурсії треба уважно оглядати гірські породи, що виходять на поверхню в обривах, на берегах струмків та річок: чи не зустрінуться серед них виходи вугілля? Відомості про знайдене вугілля треба передати насамперед до краєзнавчого музею.

НАВІЩО НАМ ПОТРІБНЕ КАМ'ЯНЕ ВУГІЛЛЯ

Кам'яне вугілля має дуже велике значення в народному господарстві. Це одно з найважливіших джерел енергії. Його використовують насамперед як паливо для паровозів, пароплавів, котлів на електричних станціях та ін.

Є сорти кам'яного вугілля, які майже не містять шкідливих, сторонніх домішок і при сухій перегонці — нагріванні без доступу повітря — перетворюються в кокс. Кокс буває блискучого, сріблястого світло-сірого та матово-темно-сірого кольору і містить безліч дрібних пустот від газу, який виділився під час нагрівання. Кокс необхідний для виплавляння



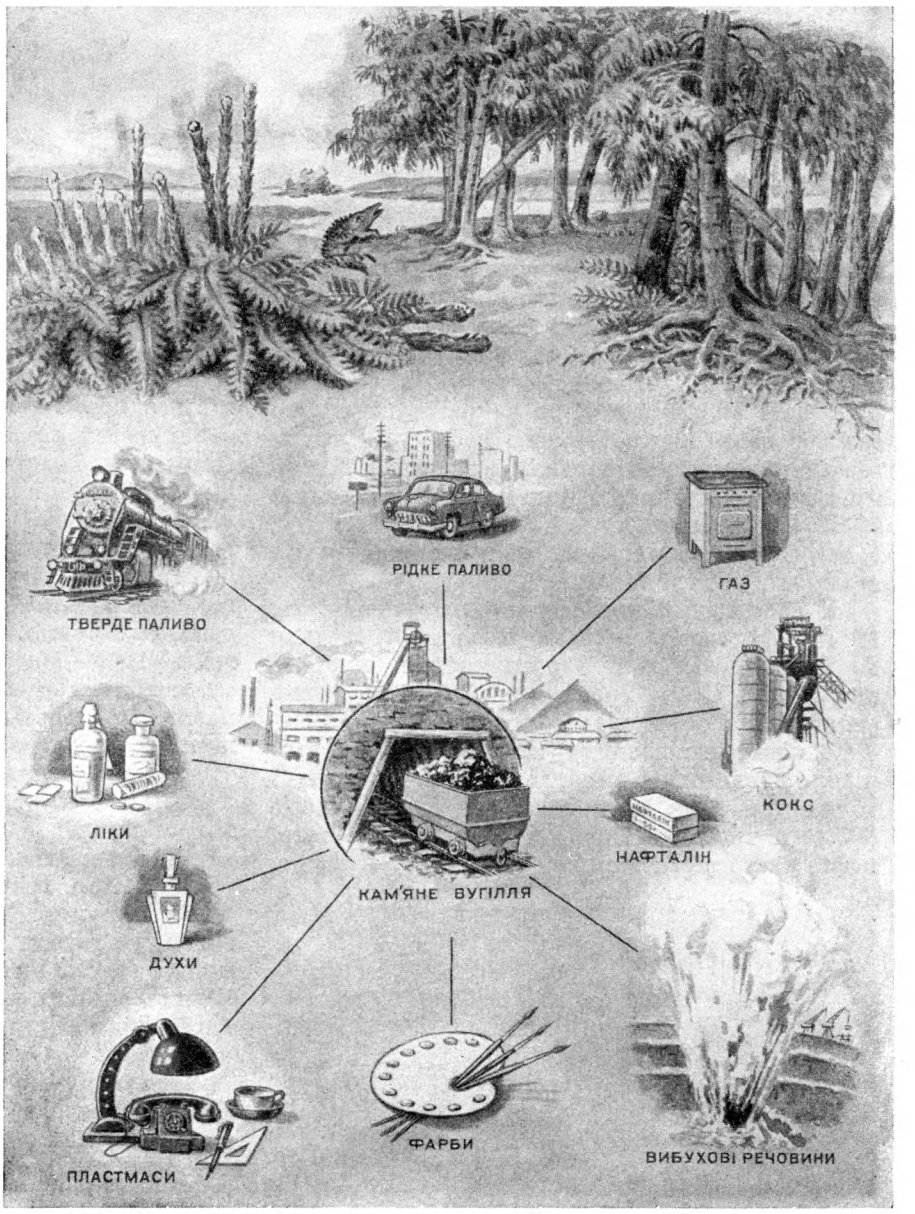
Видобування вугілля в кар'єрі (Узбекистан).

чавуну з залізної руди. Його змішують із залізною рудою і завантажують доменні печі, де суміш запалюють. Кокс починає горіти і відбирає в руди кисень. Руда перетворюється в чавун.

Є багато сортів вугілля, які при перегонці не дають коксу, але зате утворюють чимало горючого газу. У Москві, до того як було проведено природний газ з Саратовської області, газ для промислових підприємств, лабораторій і жилих будинків добували з кам'яного вугілля. І тепер до деяких міст надходить газ, який виробляється з вугілля.

Способом особливої сухої перегонки з деяких сортів вугілля дістають, крім горючого газу, рідкі продукти коксування: гас, бензин та інші речовини. Таке вугілля може для ряду галузей промисловості замінити нафту.

У деяких місцях нашої країни дістають газ з зольного вугілля прямо під землею, не виймаючи його на поверхню. Для цього в шарах земної кори, що вкривають вугільні пласти, просвердлюють отвори — бурові свердловини. Глибина їх досягає нерідко кількох сотень метрів. Через свердловини нагнітають повітря, а потім підпалюють вугілля, яке починає під землею повільно жевріти. При цьому через свердловини на поверхню піднімається горючий газ, що виділяється з вугілля. Цей газ використовують у промисловості і для побутових потреб. Такий спосіб добування газу називається **підземною газифікацією вугілля**.



Як використовують кам'яне вугілля.

Кам'яне вугілля дає цінну сировину хімічній промисловості. З нього дістають анілінові фарби (для фарбування тканин), лаки, ліки, сахарин, вибухові речовини, духи й багато чого іншого (табл. на стор. 143).

Із зростанням промисловості одночасно збільшується і потреба у вугіллі. В. І. Ленін говорив: «...без вугільної промисловості ніяка сучасна промисловість, ніякі фабрики й заводи немислимі. Вугілля — це справжній хліб промисловості, без цього хліба промисловість стоїть, без цього хліба залізничний транспорт приречений на найжалюгідніше становище».

ЯК УТВОРЮЮТЬСЯ НАФТА Й ГАЗ

ЩО ТАКЕ НАФТА

Нафта — масляниста, темно-коричнева, майже чорна рідина, іноді має червонуватий або зеленуватий відтінок або зовсім безбарвна. Нафта — це суміш різних рідких речовин, в яких розчинені смоли і гази.

Нафта легша, ніж вода. Якщо налити в склянку води і нафти, то внизу буде вода, а вгорі — нафта. А якщо в нафті є розчинений газ і склянку щільно закрити зверху, то газ збереться над поверхнею нафти. Нафтовий газ дуже легкий, безбарвний, має запах бензину. Він спалахує, якщо піднести до нього сірник.

Нафта не пропускає електричного струму, і тому її продукт — парафін — застосовують при виробництві ізоляторів.

У нафти дуже висока теплопродуктивність: 10 *Т* нафти дають стільки ж калорій, скільки 34 *Т* дров, або 31 *Т* бурого вугілля, або 13 *Т* антрациту. Тому нафта — надзвичайно цінна енергетична сировина.

З хімічного погляду нафта і гази є сумішами вуглеводнів, тобто сполук вуглецю і водню, причому вуглецю в нафті від 84 до 88%, а водню — близько 14%. Крім того, нафта часто містить трохи сірки, азоту і кисню.

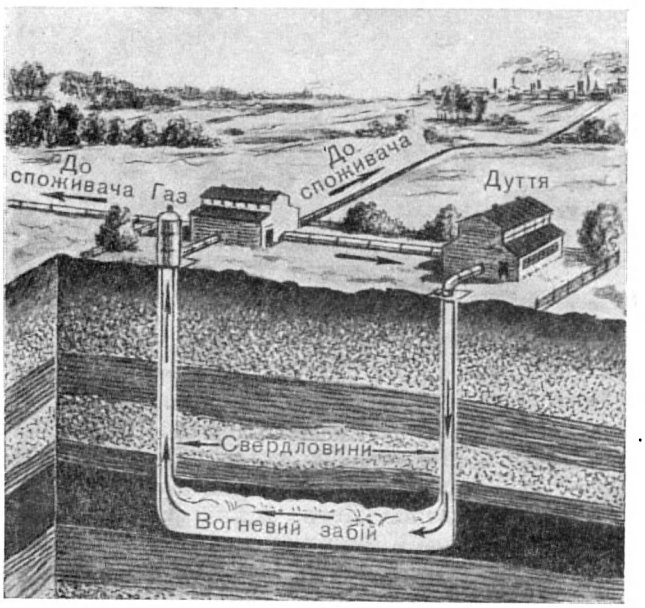


Схема підземної газифікації вугілля.

Майже всі речовини, що утворилися з відмерлих тварин і рослин, складаються із сполук вуглецю з воднем, азоту і кисню. До таких речовин належать асфальт, озокерит, або гірський віск, вугілля, торф.

Вуглеводні, що входять до складу нафти, дуже різноманітні. Їх властивості теж різні. Є вуглеводні тверді, рідкі і газоподібні. Чим легші за вагою ці сполуки, тим швидше вони випаровуються при нагріванні. На цьому ґрунтується перегонка нафти. Першим при нагріванні нафти від 30 до 150° закипає бензин. Пару його можна відвести з загальної посудини по трубці в холодильник. Охолонувши, ця пара знову перейде в рідкий стан, тобто конденсується, і дасть бензин.

При температурі від 150 до 200° від суміші відокремлюватиметься пара лігроїну, з якого роблять те саме, що й з парою бензину; при температурі від 200 до 300° відокремлюється пара гасу, а понад 300° — пара солярових масел. Це перехідний матеріал від гасу до машинних масел, або мастил.

Перший нафтоперегінний завод збудовано в Росії в 1745 р. Він виготовляв гас, який потім змішували з олією і спалювали в лампадах церков і монастирів.

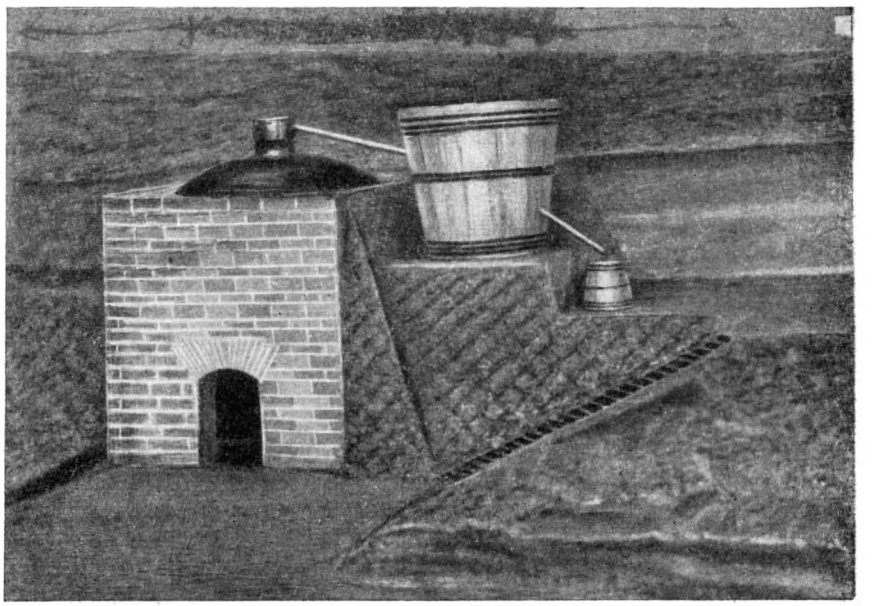
У 1823 р. кріпосні селяни брати Дубиніни на Північному Кавказі збудували нафтоперегінну установку, яка складалася з котла і мідної труби, що сполучала кришку котла з холодильником у вигляді бочки з водою. Під трубу підставляли порожню бочку, в яку стікав гас.

Пізніше знаменитий російський хімік Д. І. Менделєєв сконструював установку для перегонки нафти з численними котлами-цистернами, які дістали назву кубів. Згодом цю громіздку споруду замінили так званими трубчастими установками, які складались з величезних печей. Таку піч називали трубчастою тому, що всередині її тягнулися труби, по яких швидко рухалась нафта. Вона нагрівалась до температури 300—325°.

В результаті перегонки нафти в трубчастих установках від неї відокремлювались усі легкі речовини, а залишався мазут — густа чорна рідина, яку раніше цілком спалювали в топках. Але тепер винайдено спосіб перетворення важких вуглеводнів, що входять до складу мазуту, у легкі, тобто нафтовики навчи-

лись діставати з мазуту бензин і гас. Такий спосіб переробки нафти називається крекінгом. Вперше його застосував у 1879 р. російський інженер Рагозін. Пізніше цей спосіб удосконалив інженер Шухов.

Сучасні нафтоперегінні і крекінг-заводи — величезні підприємства, що переробляють велику кількість нафти.



Макет нафтоперегінної установки братів Дубиніних. У печі — котел, що заповнюється 40 відрами нафти. Після перегонки виходило 16 відер гасу і в котлі залишався мазут.

ДЕ ТА ЯК ЗАЛЯГАЮТЬ НАФТА Й ГАЗ

Нафта і газ залягають у глибинах землі майже завжди серед осадових порід (див. стор. 96). Нафта просочує піски і пісковики, а іноді і тріщинуваті вапняки. Частина нафти просочується на поверхню землі і навіть скупчується у вигляді калюж і озер, а газ, який виходить на поверхню, можна підпалити, і він горітиме факелом. Такі вогні за далеких часів горіли на Апшеронському п-ві, приваблюючи щороку із Закавказзя та Індії сотні паломників, які вважали факели священним вогнем. Тоді нафту використовували для змащування, освітлення, лікування і навіть для воєнних цілей. Так, наприклад, в VII ст. візантійці спалили за допомогою нафти арабський флот. Вони вилили на поверхню моря бочки нафти і підпалили її. Арабам здавалось, що загорілось море. Через кілька годин їх флот було знищено.

Однак нафта і газ виходять на поверхню порівняно рідко. Їх доводиться шукати в таких ділянках земної кори, які сприяють утворенню і нагромадженню цих копалин. Виявляється, що нафта і газ найчастіше скупчуються там, де піски або пісковики, які містять їх, вигнуті в складку, що має форму звичайного положистого склепіння і називається антикліналлю. Газ і нафта збираються в верхній частині склепіння, причому газ, як легший, скупчується вгорі, утворюючи так звану «газову шапку», нафта тримається нижче, а ще нижче — вода (див. рис. на стор. 146 зліва).

Але не в кожному склепінні антикліналі бувають поклади нафти і газу. Ці корисні копалини скупчуються тоді, коли в пластах утворюється для них «пастка». Не треба забувати, що нафта і газ — рухливі речовини. Якщо в земній корі немає умов для їх нагромадження, то дрібнісінькі крапельки нафти і бульбашки газу заноситимуться водою все далі й далі, аж поки вода винесе їх на поверхню землі, де вони зовсім загубляться — підуть в атмосферу.

Вигин шарів у вигляді склепіння — антиклінальної складки — чудова пастка. Але може бути й так, що пласт піску просто перейде в глину або виклиниться. Тоді частина піску буде оточена звідусіль непроникною для нафти глиною. У пастці скупчаться нафта і газ, причому вони знову-таки правильно розміститься за питомою вагою: угорі газ, потім нафта і вода (див. середній рис. на стор. 146).

У вапняках нафта може залягати інакше. Іноді трапляються щільні, масивні, дуже товсті шари вапняків, в яких окремі ділянки розбиті тріщинами і мають пустоти. Утворення пустот пояснюється тим, що вапняки, які раніше займали ці місця, були розчинені водою. У таких ділянках також можуть нагромаджуватись нафта і газ. Шукати поклади нафти у вапняках (див. рис. на стор. 146 справа) далеко важче, ніж в антиклінальних складках, де нафта і газ залягають у склепінних частинах.

Розвідувальне буріння складки, в якій передбачається нафта, треба проводити дуже

обережно. Поклади нафти і газу перебувають під великим тиском, а він залежить від глибини, на якій нафта залягає. Тиск може досягати 250—300 *ат* і більше. Якщо не вжити необхідних заходів, розкриття покладу може спричинити відкритий нафтовий фонтан. Із свердловини вгору вирветься із страшенним шумом і гуркотом струмина нафти і газу. Ця потужна струмина викидатиме з надр пісок, каміння, частини бурового устаткування. Вишка буде зруйнована, можуть бути людські жертви. Камінці, вилітаючи із свердловини, можуть, б'ючись один об один, дати іскри, від яких спалахне величезна струмина нафти. Таку пожежу важко погасити.

При відкритих фонтанах величезна кількість газу і нафти пропадає марно. Крім того, нафтовий пласт втрачає газ, який повинен витрачатись на виштовхування нафти з пласта в свердловину і на піднімання її до поверхні землі.

Років з двадцять тому надзвичайно потужний фонтан нафти вдарив на Апшеронському п-ві на промислі Локбатан. Величезна маса нафти, з силою вириваючись на поверхню, затопила всю площу промислу. Разом з нафтою виносилось так багато піску і глини, що незабаром 30-метрова вишка провалилась разом з усім устаткуванням.

Відкритий фонтан — катастрофа на промислі. Проте при сучасній техніці буріння та видобування нафти це явище стало дуже рідким.

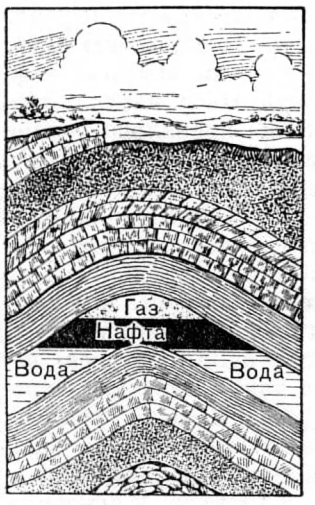
ЯК ШУКАЮТЬ НАФТУ Й ГАЗ

Поклади нафти і газу, розташовані глибоко під землею, шукають геологи-нафтовики. Вони вивчають будову району, установлюють наявність антиклінальних складок (у вигляді склепіння) та інших пасток для нафти і вказують місця для буріння розвідувальних свердловин. У цій справі їм допомагають геофізики, які вивчають за допомогою спеціальних інструментів породи, що залягають на глибині. Вони визначають щільність порід і інші їх властивості. Знаючи властивості нафтових пластів, геофізики дають корисні вказівки геологам, які закладають бурові свердловини.

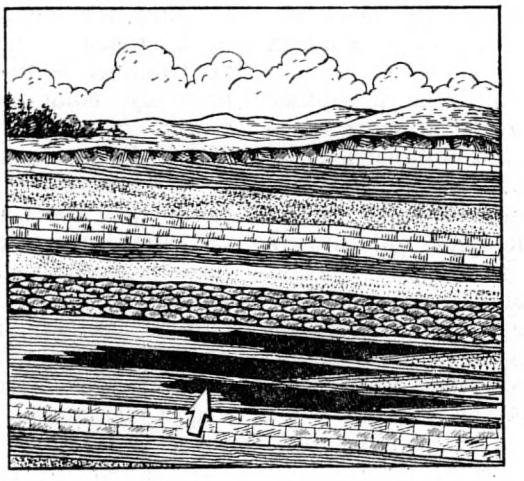
Незважаючи на те, що поклади нафти і газу можуть бути відокремлені від поверхні великою товщею порід, вони все-таки проявляють себе на поверхні. Нафтовий газ за величезні періоди часу, які обчислюються мільйонами років, просочується вгору і домішується до повітря грунту. Значить, над покладами нафти і газу в грунті буде підвищена кількість нафтового газу. Навіть прості аналізи повітря грунту дають можливість визначити райони, де на глибині можливі поклади нафти і газу.

ЯК УТВОРЮЮТЬСЯ НАФТА Й ГАЗ

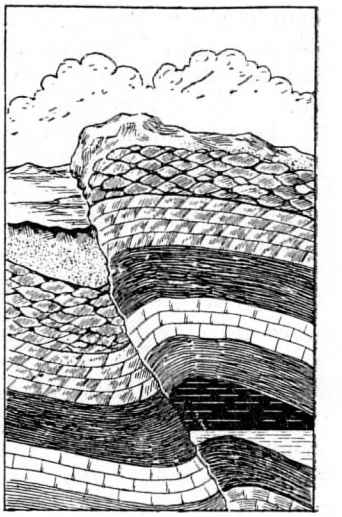
Першою людиною, яка правильно відповіла на питання про походження нафти, був геніальний російський учений Михайло Ва-



Розподіл газу, нафти і води в склепінні антикліналі.



Шари піску переходять у глини. У місцях їх виклинювання утворюється пастка для нафти. Стрілка показує скупчення нафти.



Пастка для нафти в розбитих тріщинами вапняках в пустотами.

сильович Ломоносов. Він висловив здогад, що нафта утворилась внаслідок розкладу під землею решток різних організмів.

Пізніше теорія органічного походження нафти набула великого поширення. Особливо багато зробив для її розвитку акад. І. М. Губкін.

Біля морських берегів, там, де море неглибоке, у затоках і лагунах перебуває величезна кількість різних морських тварин і рослин. Одні тварини існують на дні моря, другі плавають у воді, треті — дуже дрібні — не мають плавальних пристосувань і вільно переносяться з місця на місце з волі хвиль. Теплі течії змінюються холодними, дно моря піднімається або опускається. Із зміною умов величезна кількість тварин і рослин, що населяють узбережні зони, вимирає і опускається на дно моря. Там вони змішуються з мулом і утворюють скупчення особливого гнильного мулу, який багатий на органічну речовину, що називається сапропелем[1]. Вище від шару сапропелю може скупчитись товща пісків, глини, вапняків та інших порід, які утворюються на дні моря.

Під тиском цих порід сапропель ущільнюється, починає втрачати воду і перетворюється в сапропеліт. А в ньому без доступу повітря з органічної речовини відмерлих тварин і рослин утворюються нафта і газ.

При дальшому ущільненні порід під вагою шарів, що лежать вище, крапельки нафти і бульбашки газу витискуються, як вода з сиру, який поклали під прес. Вони потрапляють у породи, які під тиском мало змінюються, наприклад, у пористі вапняки або в піски. Піски складаються головним чином з дрібних уламків кварцу з пустотами між ними. Кварц — дуже твердий мінерал, тому великий тиск зверху мало ущільнює піски. Пустоти між уламками кварцу лишаються завжди, і в них проникають нафта та газ з пласта ущільнюваної глини.

Є й інші теорії утворення нафти.

По пластах піску завжди рухається вода. І якщо в пласті немає пастки для нафти, поклади її так і не утворяться; крапельки нафти і бульбашки газу зовсім загубляться в масі води. А якщо на шляху потоку води, яка несе з собою вуглеводні, трапиться антиклінальна складка чи інша пастка для нафти і газу, тоді утворюється скупчення нафти.

ЯК ВИКОРИСТОВУЮТЬ НАФТУ Й ГАЗ

Нафта має величезне значення в народному господарстві. З неї дістають бензин, який необхідний для моторів літаків та автомобілів, двигунів річкових і морських суден та ін. Нафта складається з багатьох різних хімічних сполук вуглецю і водню. Виробляють з неї тисячі різноманітних продуктів: мастила і духи, парафін і каучук, вазелін, жири, з яких виготовляють чудове мило, нафталін і т. д. (див. табл. на стор. 148). На самий тільки перелік того, що дістають люди з нафти, пішли б десятки сторінок.

У нашій країні є особливі сорти густої і важкої нафти, які мають лікувальні властивості. На родовищах такої нафти будують курорти, куди щороку приїжджають тисячі трудящих приймати цілющі ванни.

Разом з нафтою в надрах землі зустрічаються і великі скупчення горючих газів, наприклад, відомі поклади поблизу Саратова, звідки газ по газопроводу надходить до Москви.

Останнім часом дуже великі родовища горючого газу відкрито в Узбекистані (Газлі), на Україні (Шебелинка), на Ставрополлі, в Західному Сибіру (Берьозово в нижній течії р. Обі) і Якутії (Усть-Вілюйськ біля р. Лени).

Горючі гази — прекрасне паливо; перевага їх у тому, що вони дешеві і згоряють повністю. Газ застосовують головним чином для деяких типів моторів. Крім того, з горючих газів дістають бензин, який називається газовим, або газоліном.

Газ широко використовують для побутових потреб населення і як паливо на заводах.

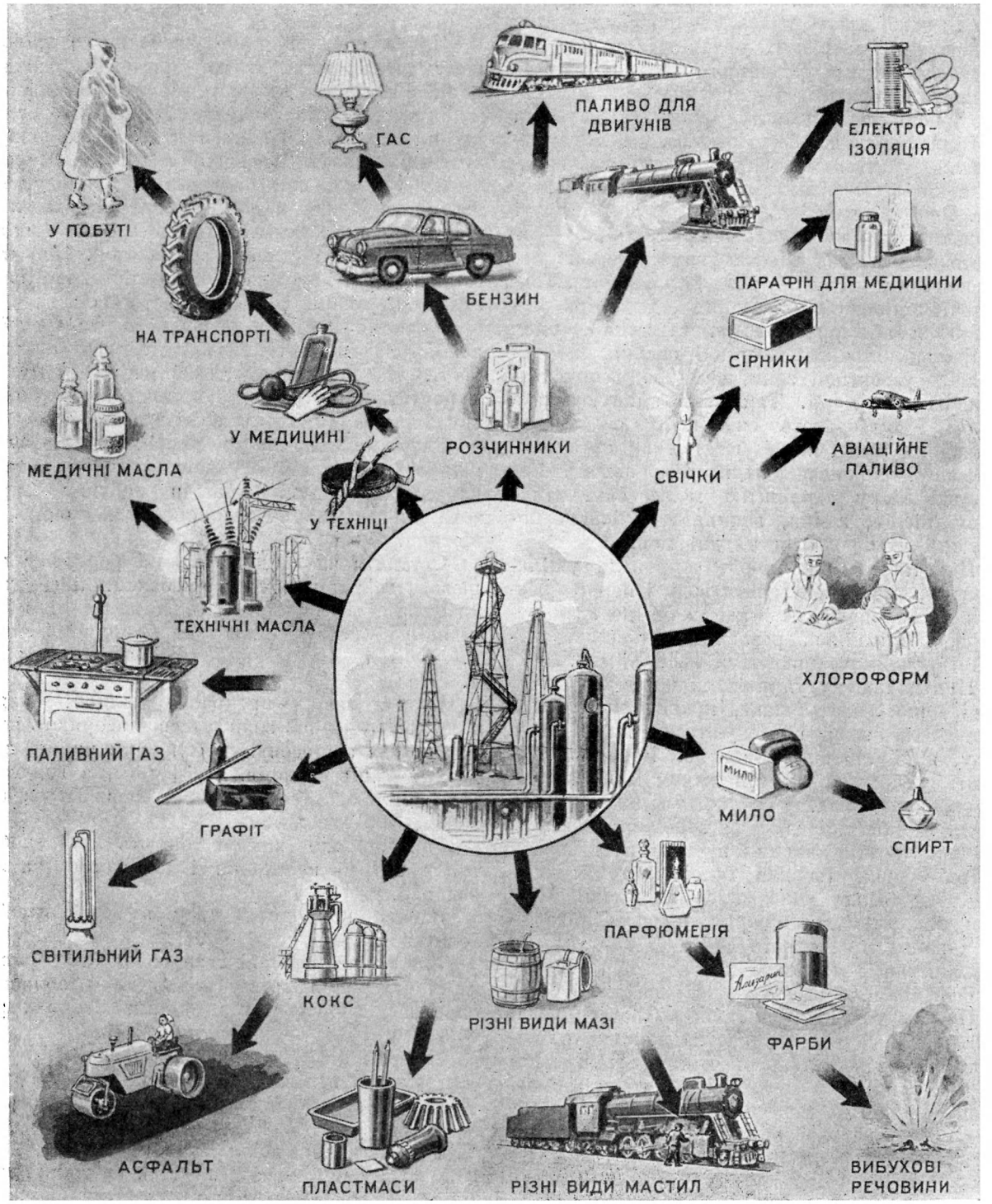
Запаси природного газу в нашій країні величезні.

Але не всі нафтові гази спалюють. Частину їх переробляють на заводах для одержання пластмас, хлороформу та інших хімічних речовин, у тому числі азотних добрив.

В околицях Талліна (Естонська РСР) і Ленінграда виявлено невичерпні запаси горючих сланців. З них дістають газ і штучне рідке паливо.

Горючі сланці являють собою дуже ущільнену глину, що розшаровується на тонкі пластинки. У цій глині є тверда органічна речовина, яка, як і нафта, складається з суміші складних сполук вуглецю та водню (від 40 до 60% складу). Деякі сланці такі багаті на

[1] Від грецьких слів «сапрос» — гнилий, «пелос» — глина, грязь, мул.



Як використовують нафту.

цю речовину, що горять у печі, тому їх часто називають «горючими».

З горючих сланців на заводах добувають також смоли, мастило, бензин, продукти типу гасу, парафін і різні хімічні речовини.

У Радянському Союзі запаси горючих сланців величезні. Широке використання їх тепер дає можливість різко збільшити запаси бензину, мастил і хімічних продуктів.

У царській Росії нафтові родовища по-хижацькому експлуатувала купка російських і іноземних капіталістів. Техніка на промислах була дуже примітивною. Вважали, що газ заважає видобуванню нафти і його у величезних кількостях просто спалювали. Нові родовища нафти мало розвідувались. На 1917 р. російська нафтова промисловість занепала.

Молода Радянська республіка почала відбудовувати нафтові промисли. Вони були переустатковані на основі нової техніки. Після цього наша нафтова промисловість почала бурхливо розвиватись. Рік у рік зростає видобуток нафти, бо радянські геологи відкривають нові родовища, а на діючих промислах використовуються найновіша техніка і передові методи праці.

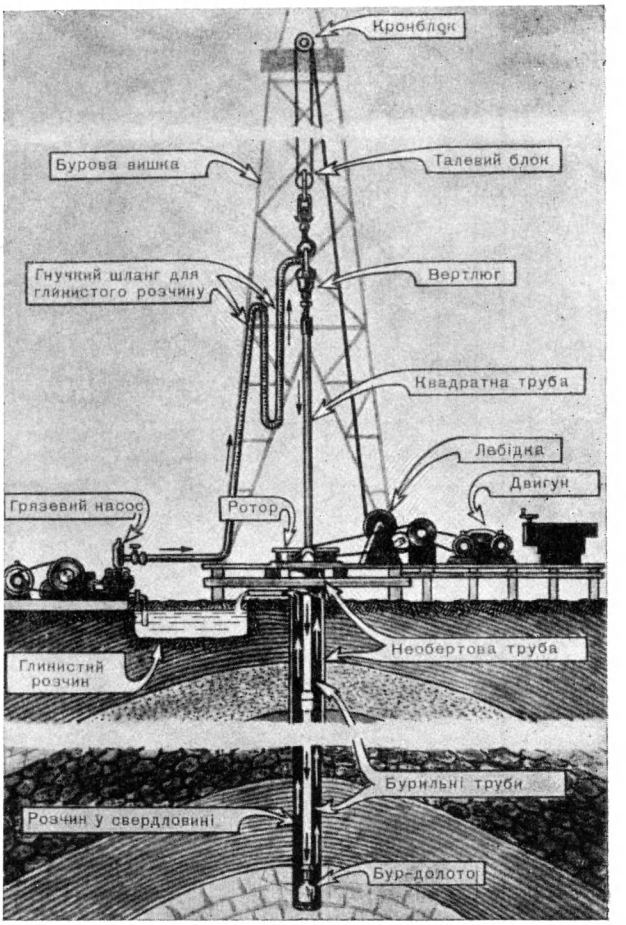
Десятки геологорозвідувальних партій і експедицій щороку виїжджають у найвіддаленіші частини Радянського Союзу шукати нові родовища нафти. Геолога-нафтовика можна зустріти в тундрі Заполяр'я, у пісках Закаспію, у сибірській тайзі, на берегах Тихого океану і в Закавказзі.

Початок широкому вивченню запасів нафти в нашій країні поклав засновник радянської нафтової геології акад. Іван Михайлович Губкін. Він вказував, що між Волгою і Уралом повинні бути багаті поклади нафти і газу. Багато відомих геологів з ним не погоджувались. Спір тривав багато років. Потім почались широкі геологорозвідувальні роботи в цьому районі, і в 1932 р. було відкрито велике Ішимбайське родовище нафти на південь від м. Стерлітамака.

У наступні роки дослідження тривали. Виявилось, що вся ділянка між Волгою і Уралом багата на нафту. Її називали «Другим Баку».

За роки п'ятирічок дуже розширились старі нафтові промисли. На великих глибинах в них було відкрито нові пласти піску, які були просочені нафтою і мали в собі газ.

За останні роки видобування нафти з таких глибинних пластів набуло великого значення

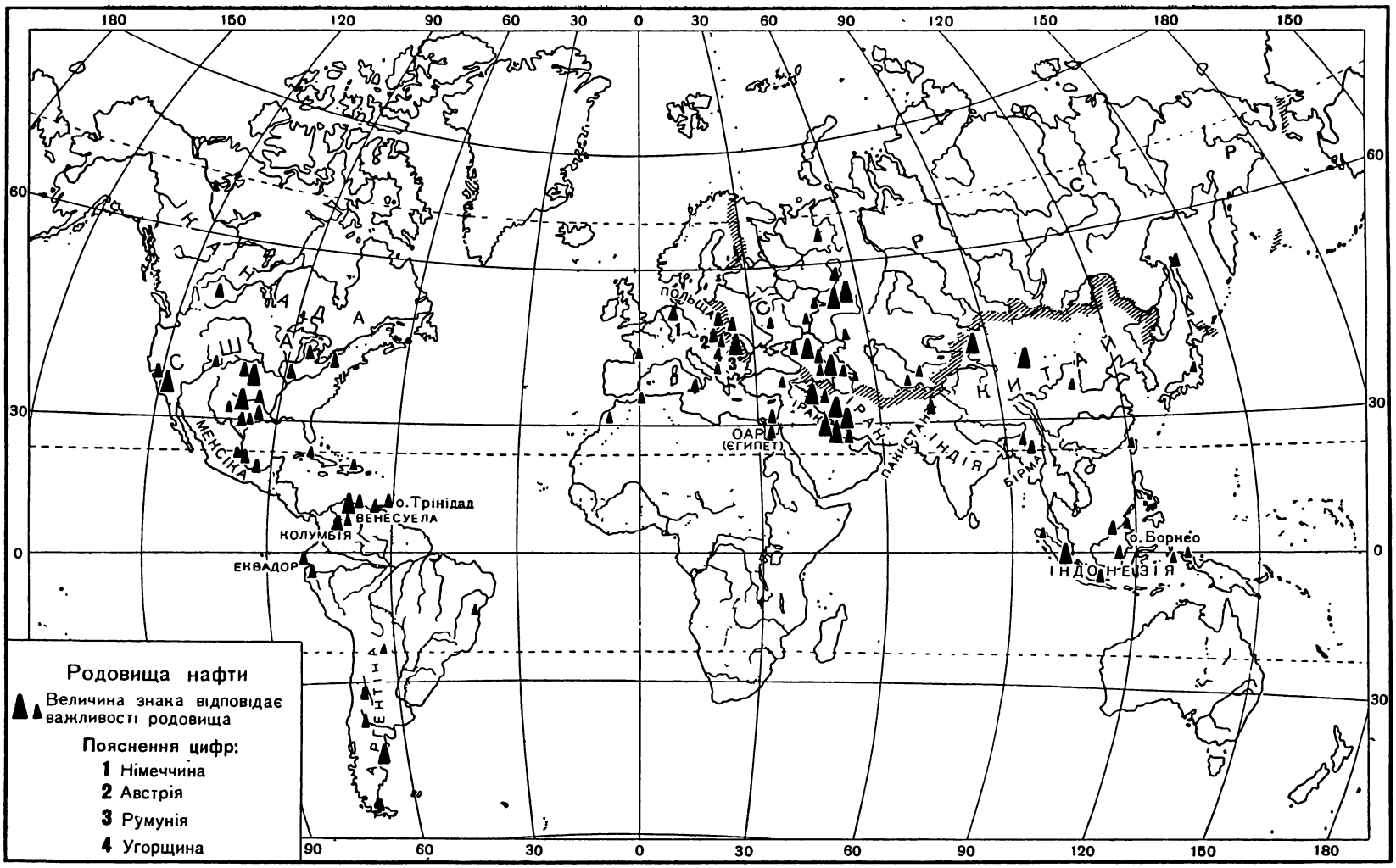


Роторне буріння нафтової свердловини.

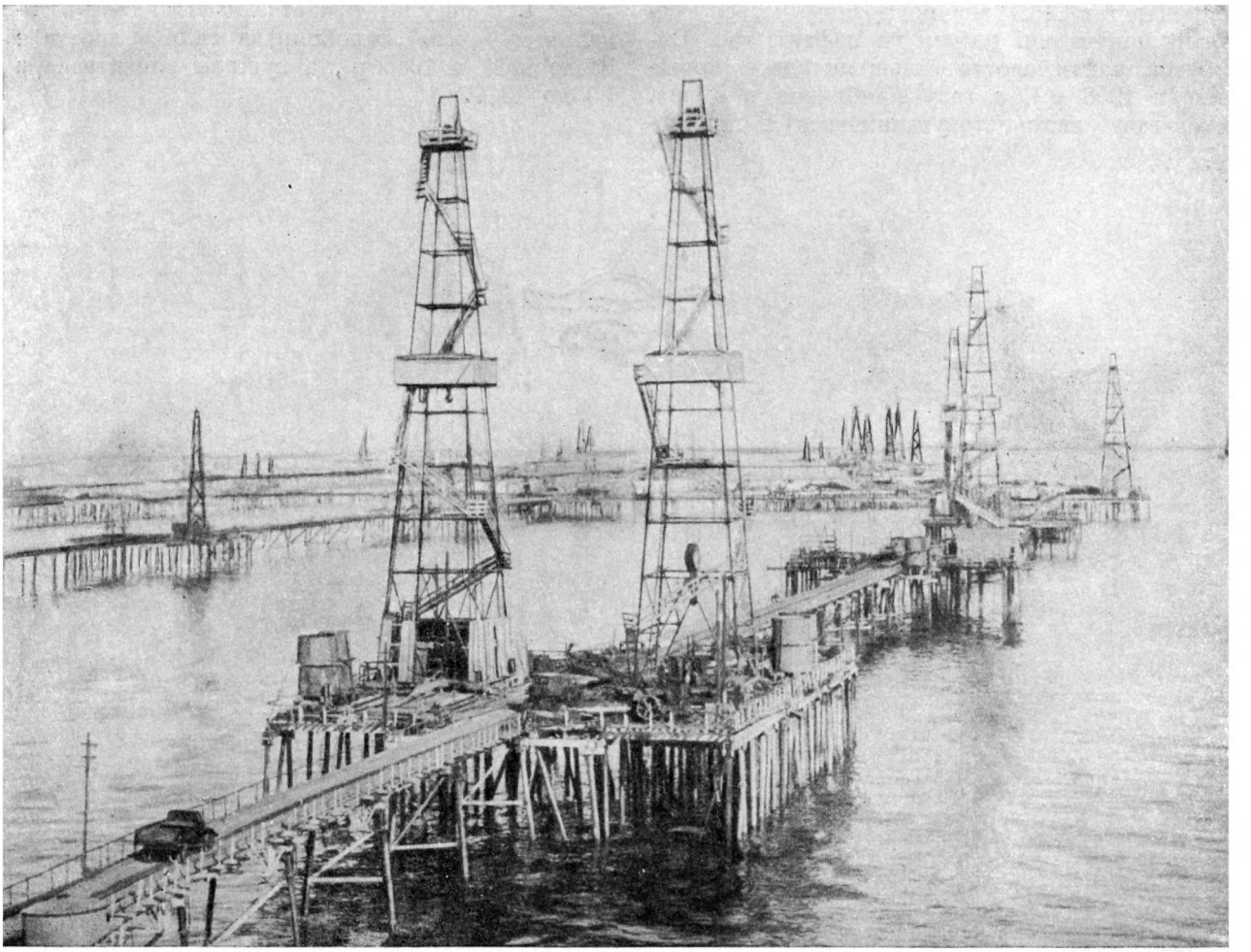
на Апшеронському п-ві. Радянські інженери і майстри навчились бурити свердловини на глибину до 4—5 *км*. Пробурити таку свердловину можна тільки за допомогою першокласного устаткування. Найкращу в світі машину для буріння — турбобур — винайшли і вдосконалили радянські інженери.

На південь від Баку лежить багате нафтове родовище в бухті Бібі-Ейбат. Половина його була під водою Каспійського моря. Вирішили цю ділянку засипати піском. На місці моря виникла штучна площа — «Бухта Ілліча». Нафти в цьому місці виявили так багато, що за кілька років окупилися всі витрати, зв'язані з засипанням затоки. Ініціатором і організатором цієї складної справи був С. М. Кіров.

Проте не всю нафтоносну площу, яка перебуває під водою Каспію, засипали піском.



Карта родовищ нафти.



Нафтові вишки в Каспійському морі.

Коли інженери дійшли до значних глибин моря, засипання довелось припинити.

Перед нафтовиками постало питання: як видобути нафту з дна моря, майже завжди бурхливого? Це завдання було дуже складним, але й його розв'язали радянські інженери М. С. Тимофєєв, Б. О. Рагінський та ін. Вони розробили конструкцію морського острова, який споруджується на палях — трубах. Палі глибоко входять у морське дно, а потім заливаються цементом. Виходять міцні тумби — острови, на яких встановлюють вишку і устаткування для буріння нафтової свердловини.

Група молодих радянських інженерів запропонувала споруджувати довгі пристані — естакади, які заходять далеко в море і мають відгалуження в різні сторони. На цих естакадах тепер встановлюють 40-метрові бурові вишки і все устаткування для буріння вагою в сотні тонн. По асфальтованій поверхні естакади мчать автомобілі, а обабіч її укладені довгі труби, по яких від свердловин до берега тече нафта.

Тепер на штучних бетонних основах і штучних островах — за десятки кілометрів від берега — організовано нафтові промисли.

Видобуток нафти в Каспійському морі збільшується місяць у місяць.

Нафтові промисли Радянського Союзу на суші й на морі оснащені передовою технікою.

У семирічному плані розвитку народного

господарства СРСР значно розширюються геологорозвідувальні роботи на нафту і газ. Видобуток нафти зросте більш як вдвоє (порівняно з 1958 р.), а газу приблизно в 5 раз. 80% газу використовуватиметься в промисловості. В результаті частка нафти і газу в загальному обсязі виробництва палива зросте з 31 до 51% в 1965 р., а вугілля знизиться з 60 до 43%.

Біографія Землі

ЯК ДІЗНАЛИСЬ ПРО ТЕ, ЩО БУЛО НА ЗЕМЛІ ДО ПОЯВИ ЛЮДИНИ

На Землі ще до появи людини протягом мільйонів років відбувалися події, які змінювали нашу планету. На сушу багато разів наступали моря, розмиваючи і руйнуючи її; з вод морів піднімались гірські хребти. Вони в свою чергу розмивалися дощовими і сніговими водами, ріками, які врізалися в їх схили, сточувались льодовиками, що спускалися з гірських вершин. На дні морів, на островах і на материках вулкани вивергали розплавлені лави, які вкривали величезні площі і невпізнанно змінювали обличчя Землі.

Вітри в пустинях розвіювали гірські хребти на порох, переносили і відкладали великі товщі пісків, які нагромаджувались на величезних просторах нашої планети.

Але як же людина могла дізнатись про те, що відбувалось на Землі до її появи?

Усі ті зміни, яких зазнавала земна куля з моменту утворення на ній земної кори і зазнає досі, вивчає історична геологія. Вона з'ясовує, де в минулому були моря, а де суша, де відбувались виверження вулканів, де піднімались гори.

Історична геологія встановлює не тільки події, які відбувались багато мільйонів років тому на Землі, а й їх послідовність: що було раніше і що пізніше.

ГІРСЬКІ ПОРОДИ ЯК ПАМ'ЯТКИ МИНУЛИХ ПОДІЙ

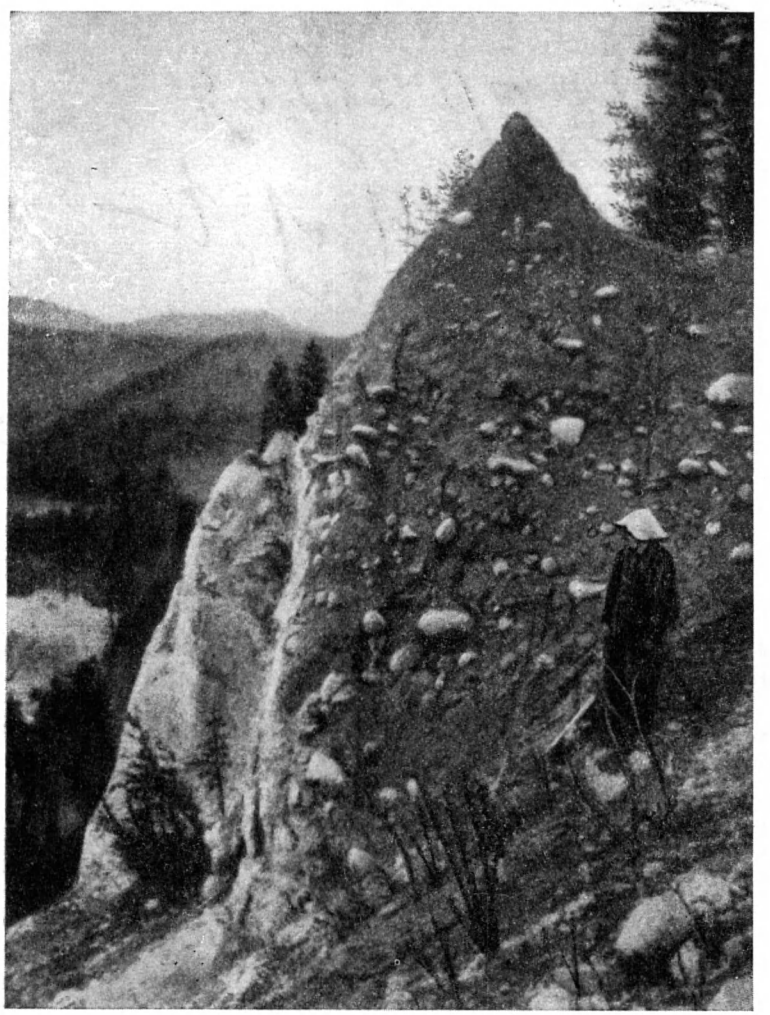
Спостерігаючи навколишню природу, людина помітила, що кожна подія, яка відбувається на Землі, залишає слід, пам'ять про себе у вигляді тих чи інших мінеральних нагромаджень, що перетворюються в гірські породи.

На суші завдяки роботі дощових і текучих вод нагромаджуються глинисто-піщані осади, які містять дрібну гальку, нерідко й черепашки прісноводних молюсків. Вітри в пустинях, руйнуючи гірські хребти, сприяють нагромадженню великих товщ барханних пісків, відмінних за складом від пісків, намитих водою.

У солоних озерах в умовах сухого і жаркого клімату скупчується кам'яна сіль, в морях біля берегів нагромаджується галька, пісок, а далі, у відкритому морі,— вапняні і глинисті осади, які перетворюються потім у вапняки та глинисті сланці (див. стор. 99—101).

Кожне виверження вулкана дає величезну кількість мінерального матеріалу. Вулканічний попіл, ущільнюючись і злежуючись, перетворюється у вулканічний туф; лави, застигаючи, утворюють різні вулканічні гірські породи: базальт, обсидіан (вулканічне скло) та ін. (див. стор. 92—93).

Таким чином, кожна гірська порода виникла внаслідок тих чи інших подій, що відбувались на Землі. Особливості гірських порід, їх мінералогічний склад, будова, характер залягання дають геологам матеріал для з'ясування умов, в яких утворились гірські породи.



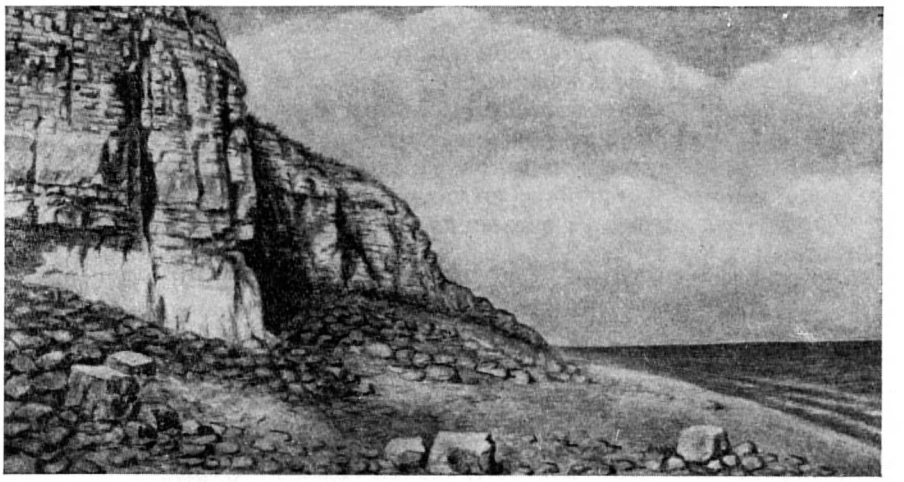
Суглинки з валунами, відкладені льодовиком.

Спостерігаючи за змінами, що відбуваються на Землі в наш час, і вивчаючи, як утворюються різні осади, можна зробити висновок, що й у далекому минулому наша Земля змінювалась в цілому внаслідок таких самих процесів, які відбуваються тепер. Але в різних місцях земної кулі ці процеси проходили по-різному.

Під Москвою в ярах, на схилах річкових долин, прямо під грунтом можна спостерігати товщі своєрідних червоно-бурих грубих суглинків з безліччю округлих каменів — валунів різних розмірів і складу. Валуни складаються з кристалічних порід: гранітів, гнейсів, кварцитів та ін. У корінному заляганні ці породи під Москвою не зустрічаються, але дуже поширені у Фінляндії, на Кольському п-ві. Учені встановили, що валуни і давні валунні суглинки — відклади величезного льодовика, який колись наступав на Руську рівнину з Фінляндії. Руйнуючи і стираючи скелі, складені з гранітів, гнейсів та інших кристалічних порід, льодовик захоплював з собою уламки і тяг їх на багато кілометрів на південь. Підтаваючи і поступово зникаючи, льодовик відкладав ці стерті уламки разом з глинистими і піскуватими осадами у вигляді валунних суглинків — морен (див. стор. 75—76). Там, де довго

був край льодовика, скупчувались цілі вали кінцевих морен. Вивчення цих давніх морен допомогло вченим установити межі поширення льодовиків.

На Сибірській рівнині, вкритій тайгою і болотами, течуть притоки Єнісею — Підкам'яна Тунгуска і Нижня Тунгуска. Ці ріки розмивають давні глинисті породи, пісковики та вапняки, які складають Сибірську рівнину, а подекуди розкривають великі товщі чорних, дуже міцних порід — сибірських трапів.



Відслонення на березі озера Ільмень. Видно шари давніх осадових порід.

Вони далеко твердіші, ніж пісковики, вапняки та глинисті сланці, з якими трапи перешаровуються. Там, де ріки врізаються в трапи, долини їх стають вузькими, русла — порожистими, які часто важко проходити навіть на невеликому човні. Чорні трапи високими прямовисними стінами, розбитими на вертикальні стовпи, височать над рікою і нагадують руїни стародавніх укріплень. Що ж таке трапи? Це давні вулканічні породи, близькі до сучасних базальтів. Вони утворилися в результаті величезних вторгнень розжареної магми, яка проникала по тріщинах земної кори в товщі осадових порід. Вилившись, лава вкрила величезну площу — близько 1 млн. *км*^{2}.

Дивлячись на широкі рівні простори Сибірської рівнини, вкриті світлою модриновою тайгою, на болота і ріки, що прорізують це зелене море, важко собі уявити, що тут колись виливались базальтові лави. І все ж за характером гірських порід учені встановили, які події і в якій послідовності відбувались на Сибірській рівнині та в інших місцях Землі.

ЯК ДІЗНАЮТЬСЯ ПРО ВІК ГІРСЬКИХ ПОРІД

При видобуванні різних корисних копалин у каменоломнях, шахтах, кар'єрах або біля високих берегів морів і рік, які підмиває вода, земна кора відслонюється часто на великій площі. Вивчаючи природні і штучні відслонення, можна побачити, що різні гірські породи, з яких складається земна кора, залягають пластами різної товщини, або потужності. Пласти гірських порід на рівнинах часто лежать зовсім горизонтально, як кажуть геологи,— спокійно. Це буває тоді, коли після свого утворення гірські породи не зазнавали дії внутрішніх сил Землі, які порушують їх первісне залягання.

Так, під Москвою можна спостерігати залягання серії горизонтальних шарів гірських порід, які відслонюються в різних місцях по берегах рік, в ярах, у каменоломнях. Безпосередньо під грунтом залягають червоно-бурі суглинки з валунами, а також нерідко косошарі крупнозернисті піски з галькою. Під ними — чисто білі слюдисті дрібнозернисті піски, а ще нижче — грубозернисті дуже озалізнені пісковики, ще глибше — чорні глинисті піски і щільні слюдисті глини залягають вже на нерівній поверхні білих і жовтуватих вапняків.

Усі ці шари нагромаджувались у різний час, протягом багатьох мільйонів років, шар за шаром. Легко можна встановити, який з шарів давніший: найдавніші шари, які утворилися раніше, лежать глибше, а молодші їх покривають. Отже, відомі нам льодовикові валунні суглинки Підмосков'я значно молодші за вапняки, які мають морське походження. Теплі моря, що відклали ці вапняки, заливали Підмосков'я за багато віків до того, як з півночі почали наступати льодовики.

Але не скрізь на Землі шари залягають горизонтально, як під Москвою. У гірських районах вони зім'яті в складки, іноді ці складки розбиті скидами. Тому буває дуже важко встановити послідовність шарів.

Учені знайшли прекрасний спосіб, який дає можливість визначати вік геологічних шарів

навіть при найскладнішому їх заляганні: по скам'янілостях — залишках стародавніх тварин і рослин. Кожна геологічна епоха мала своїх характерних представників фауни і флори. Тому скам'янілості дають змогу геологам порівнювати і зіставляти шари гірських порід, що лежать у районах, розташованих далеко один від одного, і встановлювати їх однаковий вік.

ПРОВІДНІ СКАМ'ЯНІЛОСТІ

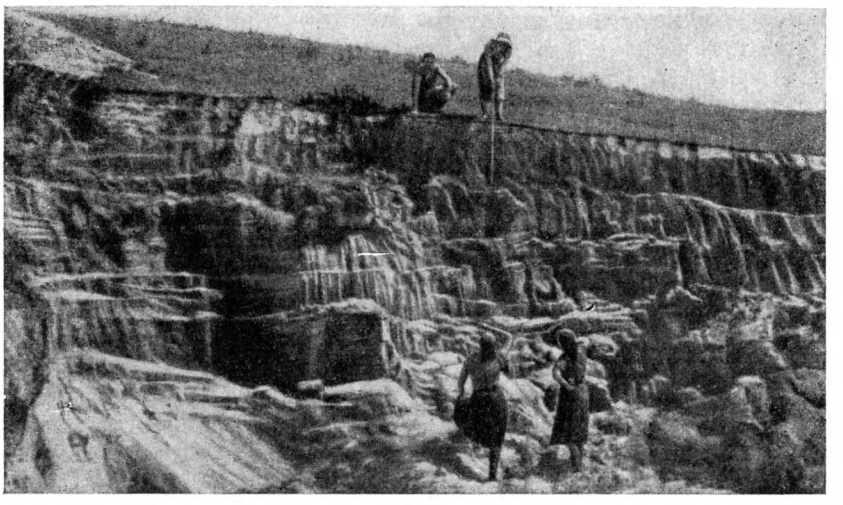
Мабуть, вам доводилось, гуляючи на березі ріки або буваючи в ярах, знаходити серед гальки, піску і глини скам'янілі черепашки або куски деревини, відбитки на камінні листочків рослин або довгасті, схожі своєю формою на пальці гладенькі камінці, що звуться в народі «чортовими пальцями».

Може, хто з вас бував у каменоломнях або кар'єрах, де на великих площах розкрито товщі гірських порід. Під Москвою, наприклад, у кар'єрах, де ламають вапняки, можна знайти багато цікавого: скам'янілі вапняні або кременисті черепашки, скам'янілості, що нагадують бджолині стільники, або звивисті корінці, дуже тонкі вищерблені голочки з горбиками. Можна знайти скам'янілості й іншого типу.

Усе це—рештки давніх тваринних організмів, які колись населяли Землю, а потім вимерли.

Скам'янілості вивчає окрема наука — палеонтологія[1].

[1] Від грецьких слів «палайос (палеос)» — стародавній, давній — «онтос» — жива істота, «логос» — наука.



Загальний вигляд кар'єру. Видно шари гірських порід.

Палеонтологія досліджує викопні рештки давніх організмів. Порівнюючи їх з організмами, які живуть тепер, палеонтологи встановлюють зовнішній вигляд давніх вимерлих тварин та умови їх існування на Землі.

Ступінь збереженості скам'янілостей у шарах Землі різний і залежить від того, в які умови потрапила тварина чи рослина після своєї смерті.

Відомі випадки, коли труп тварини, пролежавши в землі багато тисяч років, майже зовсім не зруйнувався: зберігся не тільки її кістяк, а навіть і м'які органи.

Так, на території нашої країни було знайдено у вічномерзлих грунтах Сибіру трупи вимерлих давніх шерстистих слонів — мамонтів.

Як пам'ять про суворі кліматичні умови льодовикової епохи історії Землі досі збереглася так звана вічна мерзлота, тобто промерзлі і скуті льодом верхні товщі гірських порід земної кори.

Вічна мерзлота поширена в нижній течії рік Печори, Обі, Єнісею, Лени, на Камчатці, на о-вах Нової Землі, на Таймирі, у Забайкаллі і в багатьох інших місцях. Навіть улітку шари землі, що лежать іноді на глибині всього тільки одного чи двох метрів від поверхні, не відтають. Такий промерзлий шар досягає кількох десятків і навіть сотень метрів товщини.

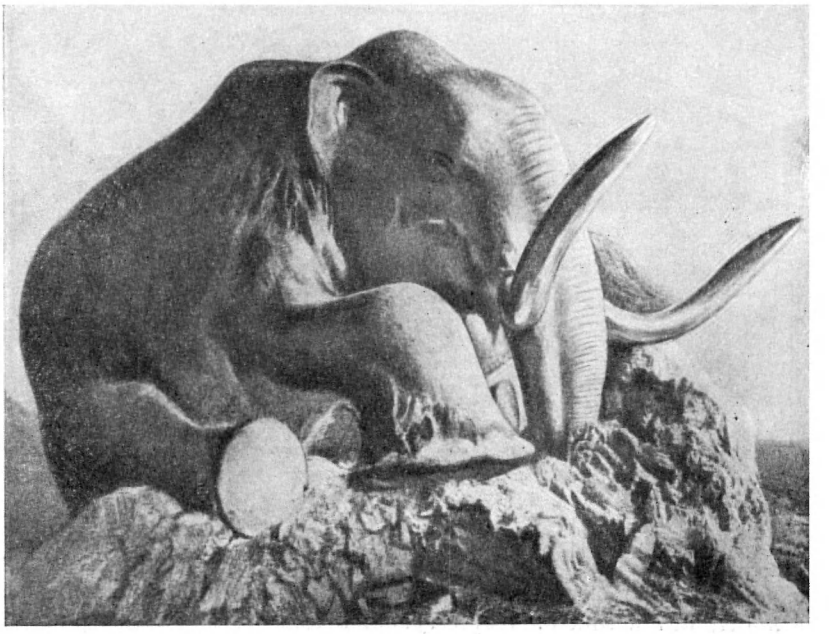
В краю вічної мерзлоти трупи загиблих мамонтів та інших тварин, вкриті пісками і глинами, не відтавали протягом довгого часу, тому вони дуже добре збереглися. Наприклад, знайдено мамонтів, в яких частково збереглася шкіра з густим покривом жорсткої шерсті, м'язи, внутрішні органи і навіть вміст шлунка.

У 1948 р. на Таймирі знайшли мамонта з залишками шкіри і шерсті на голові. Спеціальна експедиція доставила залишки мамонта в Зоологічний музей Академії наук у Ленінграді.

Проте такі знахідки бувають дуже рідко. Звичайно труп тварини швидко розкладається. При цьому м'які органи зникають безслідно, а частини кістяка (кістки і зуби хребетних тварин, черепашки і панцири безхребетних), якщо вони бу-

дуть швидко вкриті яким-небудь осадом (піском, глиною та ін.), можуть зберегтися надовго. Залишки загиблих організмів краще зберігаються в морях або озерах. Адже там весь час нагромаджуються вапняні, глинисті або піщані осади. Вони досить швидко покривають трупи тварин, які потрапляють на дно. На поверхні суші, на повітрі, залишки організмів руйнуються значно швидше, ніж у водоймах, і часто зникають безслідно.

Палеонтологи в основному мають справу з залишками кістяків вимерлих організмів. Звичайно ці залишки просочені різними мінеральними сполуками — кременистими, залізистими і вапняними,— від чого вони й скам'яніли.



Труп мамонта, знайдений у викопному льоду на річці Березовці в Сибіру.

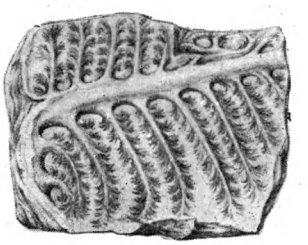
Але буває й так, що навіть кістякова частина тварини руйнується і на поверхні осаду, який колись вкривав або підстилав цей організм, залишився тільки його відбиток, що повторює форму організму.

Давні осади з часом нерідко ущільнюються, тверднуть, і на їх затверділій поверхні зберігаються відбитки колись похованої в них тварини чи рослини. Відбитки ці іноді дуже добре передають деталі будови організму. Так, багато давніх вимерлих рослин ми знаємо головним чином на підставі добре уцілілих відбитків. Трапляються іноді відбитки м'яких тканин тіла тварини, наприклад, організмів, що зовсім не мають скелета, як-от морські медузи.

У глинистих і піщаних породах палеонтологам доводилось знаходити не тільки кістяки стародавніх плазунів — рибоящерів (іхтіозаврів), а й відбитки їх шкірних плавцевих складок.

Вивчення викопних тварин і рослин показує, що серед них є представники всіх груп (типів) і багатьох класів, на які зоологи поділяють сучасний органічний світ.

Наприклад, серед викопних безхребетних знайдено представників типів молюсків, членистоногих, голкошкірих, кишечнопорожнинних, найпростіших. Відомі викопні представники класів риб, земноводних, плазунів, птахів і ссавців.



Давні рослини часто вберігаються у вигляді відбитків на поверхні гірських порід. На цьому рисунку показано відбиток папороті, що дуже добре вберігся.

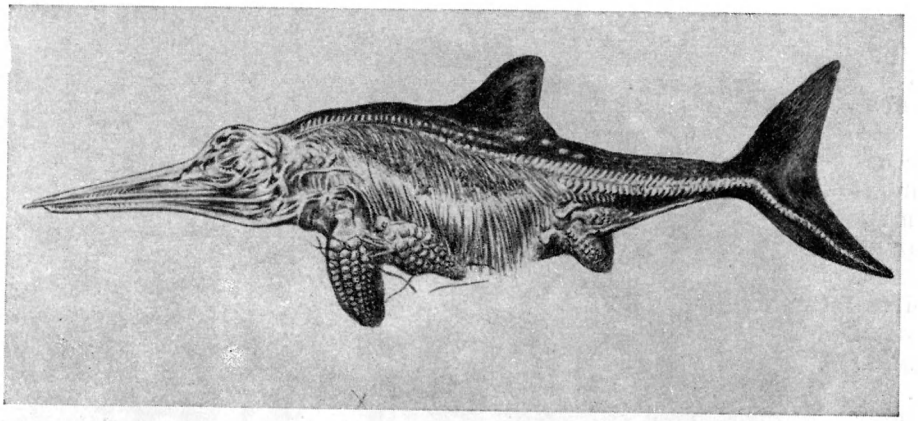
Багато з викопних організмів дуже близькі до тих, що живуть тепер, але чимало є й таких тварин, які дуже відрізняються від сучасних.

Викопні тварини і рослини дуже різноманітні, що пояснюється тривалим процесом розвитку життя на Землі.

Одним з перших учених, що правильно зрозуміли суть скам'янілостей і оцінили величезне значення, яке вони можуть мати для науки, був наш видатний співвітчизник Михайло Васильович Ломоносов. Відмінність викопних організмів від теперішніх форм Ломоносов пояснював іншими умовами їх існування.

На межі XIX ст. уважно вивчав різні скам'янілості англійський землемір Вільям Сміт (див. стор. 238). Він виявив, що скам'янілості з різних шарів земної кори, які лежать один над одним і на далекій відстані один від одного, дуже різняться своєю будовою.

В. Сміт прийшов до висновку, що скам'янілості дають змогу визначати послідовність у відкладанні різних шарів і встановлювати одночасно відкладені шари, навіть якщо вони лежать у різних кінцях Землі. Шари, які відклались одночасно, містять схожі скам'яні-



Кістяк давнього морського плазуна — іхтіозавра, який жив у юрських морях. Крім кісток кістяка, збереглися відбитки шкірних плавців — спинного і хвостового.

лості. Чим більше різняться шари земної кори в часі їх утворення, тим менше схожі скам'янілості, які в них є. Користуючись цим методом — він називається палеонтологічним,— геологи почали успішно визначати відносну давність шарів земної кори.

Вивчення багатьох різних скам'янілостей з різних шарів земної кори показало, що організми, які населяли Землю, з часом дуже змінювали свій вигляд. Зміни ці не випадкові. У давніших шарах земної кори, як виявилось, є рештки простіших, низькоорганізованих форм, нерідко дуже своєрідних, мало схожих на ті, що живуть тепер. У молодших шарах зустрічається дедалі більше високоорганізованих форм, іноді дуже близьких до сучасних.

Таким чином, в результаті тривалого і старанного вивчення численних решток викопних тваринних і рослинних організмів палеонтологи всіх країн поступово встановили картину розвитку органічного світу на різних етапах історії Землі (див. стор. 177).

М. В. Ломоносов і В. Сміт вперше правильно зрозуміли природу скам'янілостей, помітили відмінність складу викопних організмів у різних шарах і зв'язали цей факт з різноманітними умовами та тривалістю часу, протягом якого утворювались гірські породи. Причину певної послідовності в зміні одних живих істот іншими пояснив знаменитий англійський учений Чарлз Дарвін. Він установив, що вся різноманітність сучасних істот — наслідок поступових змін повільного розвитку, якого зазнавали організми, пристосовуючись до мінливого середовища. Щоб довести цей складний і різноманітний процес розвитку живої природи, Чарлз Дарвін використав палеонтологічний матеріал.

На підставі даних палеонтології встановлено, що живі організми, з'явившись на Землі дуже давно (мабуть, близько півтора мільярда років тому), весь час повільно змінювались, набували складнішої будови.

Сучасний нам світ тварин і рослин в усій його різноманітності— останній етап тривалої і складної історії розвитку життя за сотні мільйонів років.

Багато тварин і рослин існували лише в певний період часу. Від них збереглися тільки в деяких шарах земної кори рештки.

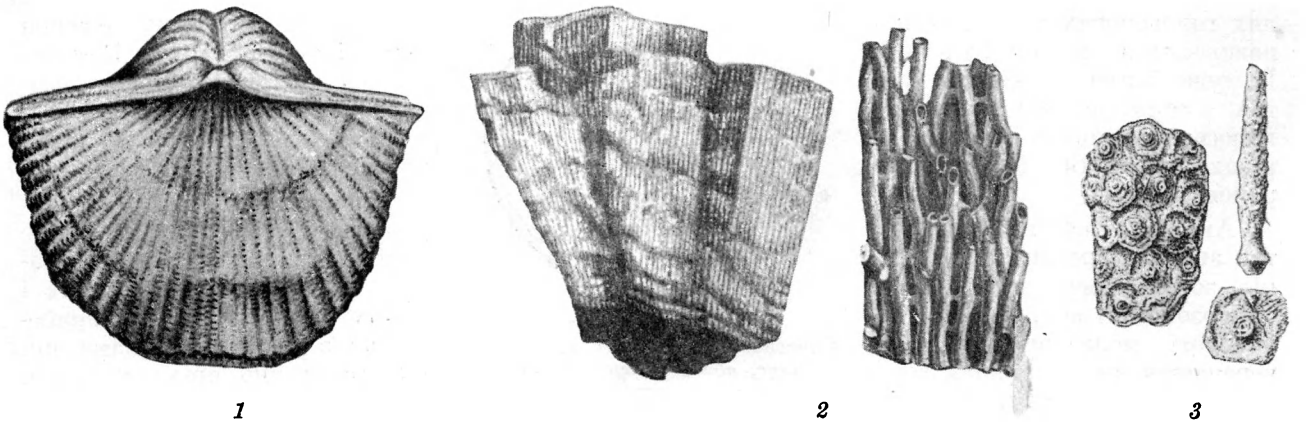
Від деяких тварин і рослин, що населяли Землю в минулому, не збереглося й сліду. Ті викопні форми, які нам відомі,— це лише незначна частина величезної кількості представників рослинного і тваринного світу Землі, який існував у минулому. І все ж ми знаємо дуже багато різних викопних, і вони дають досить повне уявлення про вигляд тваринного і рослинного світу Землі в далекому минулому.

Вивчення решток тварин і рослин з різних шарів Землі дало можливість ученим поділити величезну товщу гірських порід, що складають земну кору, на окремі відрізки, які назвали групами.

Ці групи утворились поступово, у тривалі проміжки, названі ерами. Кожна ера характеризується своїм особливим обличчям тваринного і рослинного світу. Ери поділяються на коротші проміжки часу — періоди, яким відповідають менші товщі пластів, що називаються системами (уважно розгляньте хронологічну таблицю на стор. 161).

Як же геологи визначають відносний вік окремих шарів земної кори, тобто як встановлюють по знайдених скам'янілостях, в які періоди ці шари відклалися?

Коли відомо, що якась тварина чи рослина існувала в певні часи, наприклад, у кам'яновугільний період, і потім зникла, то, виявивши її рештки в будь-якому шарі земної кори, ми повинні віднести час утворення цього шару до кам'яновугільного періоду.



1 *2* *3*

Вимерлі викопні тварини (скам'янілості), що трапляються в підмосковних вапняках. Ці тварини жили в теплому і неглибокому морі, яке було під Москвою в кам'яновугільний період:

1 — плечоноге хориститес; *2* — коралові поліпи: хететес і сирингопора; *3* — пластинки і голки від панцирів морських їжаків.

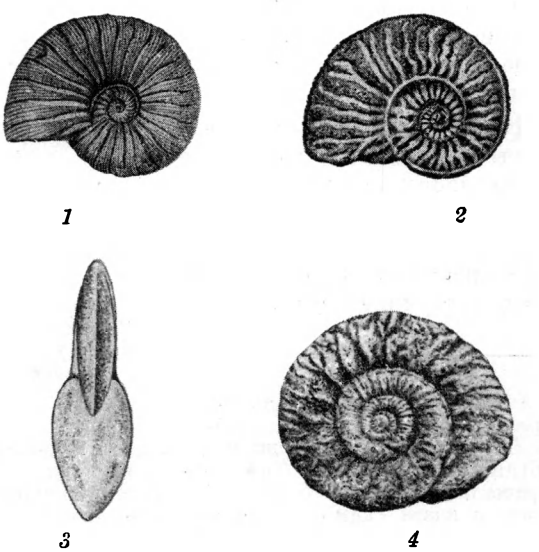
Особливо цінними для геолога будуть рештки таких організмів, які існували порівняно недовго: наявність їх у шарах земної кори дає змогу дуже точно визначити короткий відрізок часу історії Землі. А якщо такі організми були дуже поширені по земній кулі і розселились на великих площах (у морях або на суші), то вони становлять ще більшу цінність для геолога.

Уявіть собі, що ви зустрічаєте яку-небудь двостулкову черепашку давнього молюска, вивчаєте її особливості, встановлюєте належність її до певного роду і визначаєте вік, тобто відносну давність, того шару земної кори, де була ця черепашка. Припустимо, що ви встановили це десь недалеко від нашої столиці, вивчаючи розрізи берегів р. Москви. Водночас інші дослідники такі самі черепашки знайшли в Поволжі, у Сибіру, в різних пунктах Західної Європи. Отже, гірські породи цих місцевостей можна віднести до того самого віку, що й шари околиць Москви, в яких є ця черепашка.

Такі викопні організми, які дають можливість геологам визначити вік шарів земної кори і порівняти час утворення осадів у районах, що лежать далеко один від одного, називаються провідними скам'янілостями. Вигляд цих організмів — наземних чи мешканців моря — дає можливість геологам зрозуміти фізико-географічні умови минулих епох, установити колишні межі моря і суші, глибини морів, визначити клімат.

У відслоненнях по ріках Москві, Пахрі, у численних каменоломнях в околицях столиці можна знайти багато прекрасних провідних скам'янілостей. Ось, наприклад, ціла серія різноманітних коралових поліпів — мешканців теплих тропічних морів кам'яновугільного періоду, що опинились у товщі білих і жовтуватих вапняків, які колись відкладались на дні цього моря у вигляді пухкого вапняного осаду. Форми організмів, які близько підходять до підмосковних, є також і на Уралі, і в ряді інших районів. Отже, вік цих шарів той самий, що й підмосковних.

Розгляньте уважно різноманітні за формою і розмірами, спірально закручені, гладенькі, ребристі або горбкуваті черепашки вимер-



1 *2* *3* *4*

Спіральні черепашки вимерлих головоногих молюсків — амонітів, що жили в юрських морях:

1 — віргатитес; *2* — кардіоцерас; *3* — краспедитес (вигляд спереду); *4* — перисфінктес.

лих головоногих молюсків, які називаються а м о н і т а м и[1]. Їх дуже багато в чорних глинах і темно-зелених глинистих пісках в околицях Москви, на ріках Оці та Волзі і в інших районах.

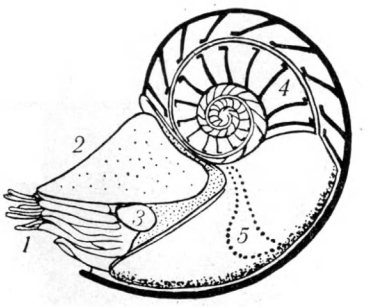
Амоніти, що належать до так званих головоногих молюсків, зовсім вимерли до початку кайнозойської ери. Сучасні головоногі молюски не мають черепашок, як, наприклад, восьминіг і каракатиця. У дуже небагатьох районах (в Індійському океані і південно-західній частині Тихого океану) доживає свій вік лише один представник головоногих молюсків з черепашкою — н а у т и л у с[2], або к о р а б л и к, дуже схожий на амоніта.

Від амонітів — мешканців юрського моря — залишилось багато скам'янілостей, які зустрічаються скрізь, де збереглись морські відклади юрського періоду. Отже, амоніти — дуже цікаві провідні скам'янілості.

Белемніти, або «чортові пальці», також є залишками особливої вимерлої групи давніх головоногих молюсків. Деякою мірою до них близькі теперішні каракатиці.

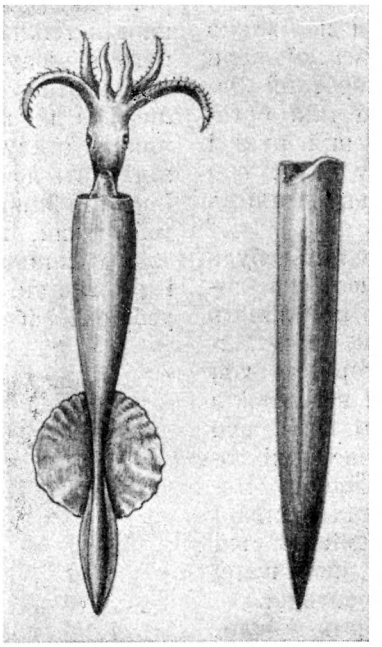
До добрих провідних скам'янілостей належать також залишки різних викопних рослин, рештки кістяків і зуби різноманітних хребетних.

По рештках викопних організмів історична геологія відновлює всю складну історію Землі і життя на ній. Палеонтологія допомагає також розв'язати багато питань, зв'язаних з вивченням і сучасних живих істот.



Сучасний головоногий молюск наутилус, або кораблик. Спірально згорнута черепашка наутилуса близька своєю будовою до черепашки амонітів:

1 — щупальця; *2* — капюшон; *3* — око; *4* — повітряні камери; *5* —мускул.



Реконструкція белемніта (ліворуч); рештки внутрішнього кістяка белемніта (праворуч).

Скам'янілості не є випадковістю. Досить тільки уважно придивитись до відслонених шарів пісків, глин, вапняків і інших осадових порід, ознайомитись з різними уламками, які вкривають дно ярів, русла рік або береги морів, щоб знайти найрізноманітніші рештки викопних тваринних організмів.

Кожний школяр, якщо має бажання, може стати мисливцем за викопними тваринами і зібрати велику і цікаву колекцію різних скам'янілостей. Визначити і вивчити зібрані скам'янілості вам допоможуть палеонтологічні колекції краєзнавчого музею, спеціальні атласи і визначники.

Не треба забувати, що навіть у районі, який дуже добре вивчили геологи, нерідко можна знайти нові, ще мало відомі або зовсім не відомі скам'янілості, які допоможуть поглибити й уточнити наші знання про минуле Землі.

Під час збирання скам'янілостей не забувайте точно записати, де знайдено ту чи іншу форму, в якому пункті, в якому шарі породи. Кожна скам'янілість повинна мати приблизно таку етикетку:

М і с ц е з н а х о д ж е н н я: правий берег р. Москви, відслонення поблизу с. Михайловського.

В я к і й п о р о д і з н а й д е н о с к а м ' я н і л і с т ь: чорна піскувата глина біля самої води.

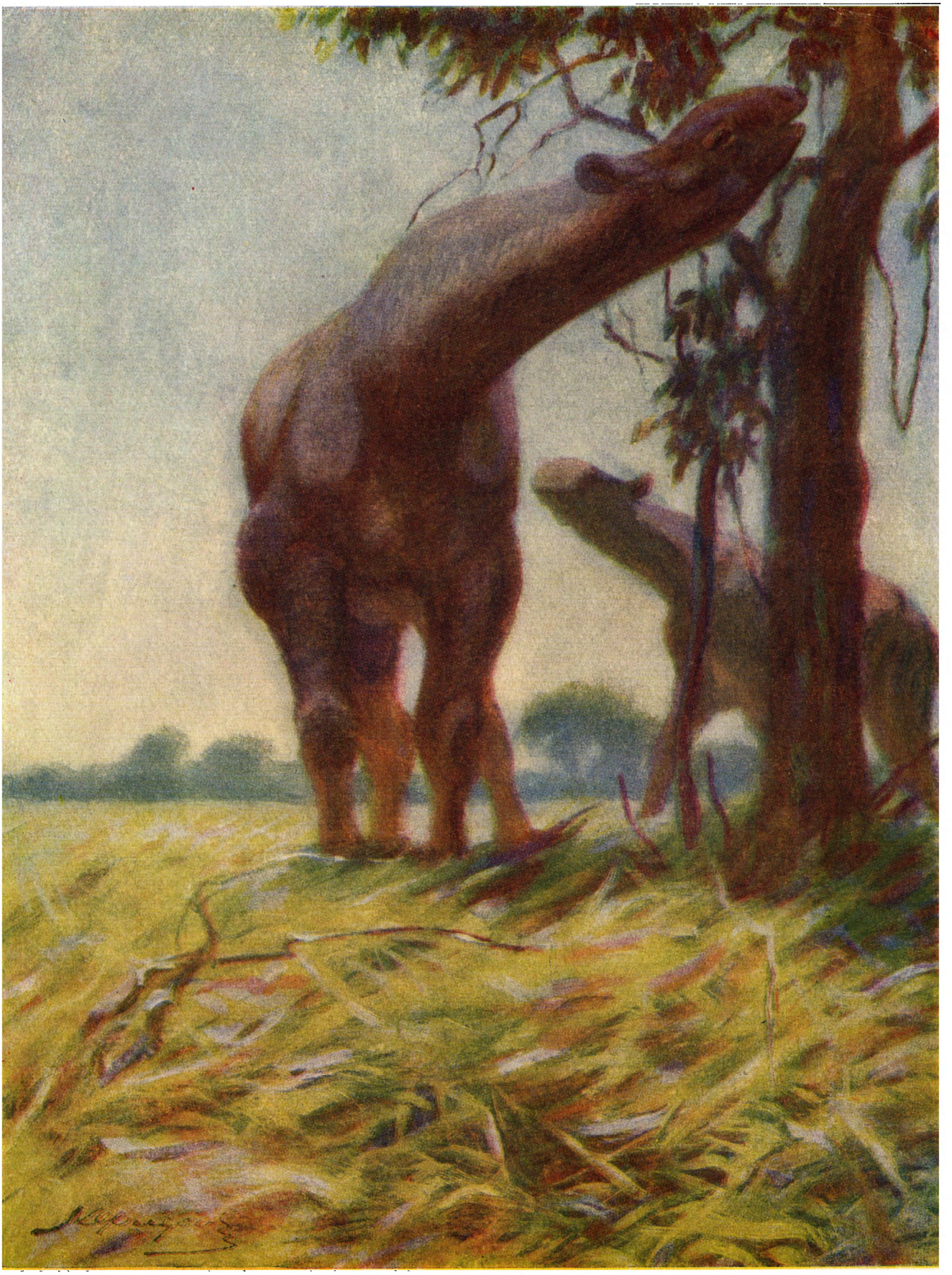
Н а з в а с к а м ' я н і л о с т і: амоніт.

Д а т а: 15 червня 1959 р.

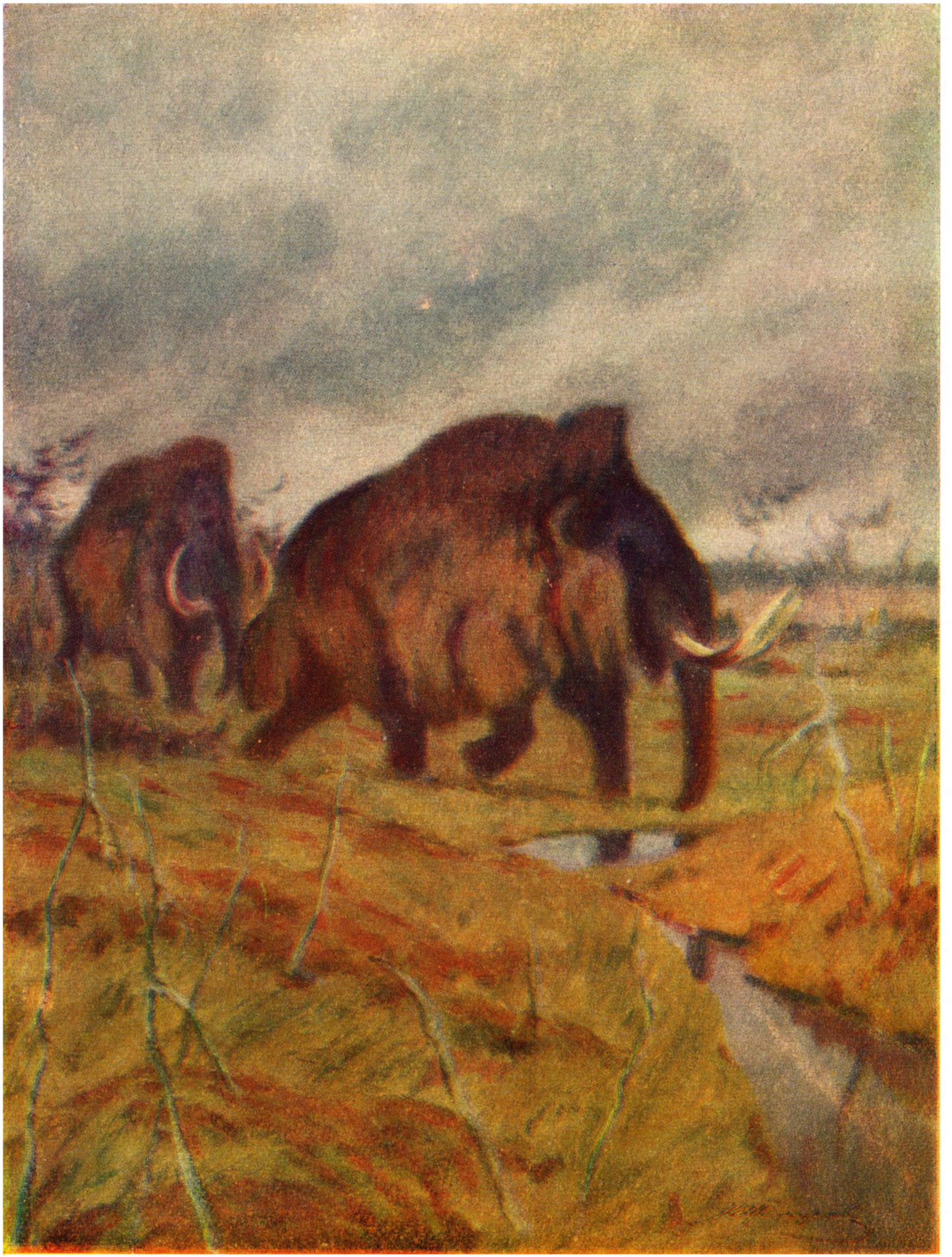
---

[1] Черепашки амонітів, які мають спіральну форму і нерідко нагадують баранячий ріг, знаходили ще в далеку давнину в Єгипті поблизу храму бога Аммона, якого єгиптяни зображали з головою барана з закрученими рогами. Звідси й назва скам'янілостей — «роги Аммона» або «амоніти».

[2] *Наутилус* належить до іншого ряду головоногих — наутилідів.



Індрикотерій — велетенський безрогий носорог.



Найближчі родичі слонів — мамонти.

ТАБЛИЦЯ ІСТОРІЇ РОЗВИТКУ ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

Ери	Періоди		Тривалість у млн. років	Основні етапи розвитку органічного світу
Кайнозойська	четвертинний		1	Виникнення і розвиток людини. Сучасна флора і фауна.
	третинний	неоген	25	Склад фауни і флори близький до сучасного. Виникнення людиноподібних мавп. Виникнення і розвиток нових груп ссавців з ряду копитних, хоботних і хижаків
		палеоген	45	У морській фауні безхребетних поширені пластинчатозяброві і черевоногі молюски, форамініфери та ін. Вимирання в кінці періоду архаїчних ссавців — примітивних копитних і хижаків (креодонтів). Велике поширення покритонасінних рослин — деревних і трав. Виникнення нових груп ссавців — копитних, хоботних і приматів. Розвиток основних груп ссавців — комахоїдних, гризунів і хижаків.
Мезозойська	крейда		40	Вимирання в кінці періоду головоногих молюсків (амонітів і белемнітів) і морських плазунів (іхтіозаврів, плезіозаврів і мозазаврів), літаючих ящерів та динозаврів. Виникнення покритонасінних рослин. Розвиток справжніх птахів. Виникнення нових груп динозаврів — двоногих рослиноїдних, рогатих і панцирних. Розвиток двостулкових і черевоногих молюсків.
	юра		45	Виникнення перших птахів Виникнення перших ссавців Виникнення крокодилів і ящірок. Велике поширення динозаврів — зауропод (рослиноїдних) і хижих Стегозаври. Розвиток літаючих ящерів. Розквіт морських плазунів — іхтіозаврів і плезіозаврів. Розквіт головоногих молюсків—амонітів і белемнітів. Велике поширення голонасінних рослин.
	тріас		35	Вимирання стегоцефалів і давніх плазунів — котилозаврів і звіроподібних. Виникнення морських плазунів — іхтіозаврів і нотозаврів. Виникнення нових груп наземних плазунів — черепах, дзьобоголових та архозаврів — псевдозухій і динозаврів (хижі і зауроподи).
Палеозойська	перм		40	Вимирання деяких груп морських безхребетних — трилобітів, а також значної частини плечоногих, голкошкірих і інших груп. Розвиток голонасінних рослин. Розвиток плазунів — котилозаврів і звіроподібних
	карбон (кам'яно вугільний)		50	Оновлення морської фауни безхребетних — розвиток форамініфер, коралів, голкошкірих, плечоногих та ін. Виникнення перших плазунів. Розвиток стегоцефалів. Розвиток папоротеподібних — гігантських хвощів і плаунів, насінних папоротей
	девон		35	Розвиток папоротеподібних — папоротей, плаунів і хвощів. Витіснення ними псилофітів. Виникнення перших наземних хребетних — стегоцефалів. Виникнення всіх основних груп риб; вимирання панцирних безщелепних. Виникнення комах.
	силур		120	Виникнення перших хребетних — безщелепних. Розвиток псилофітів і папоротеподібних рослин. Дальший розвиток безхребетних, виникнення нових груп — коралів, граптолітів, червів, моховаток, морських їжаків.
	кембрій		80	Велике поширення різних типів безхребетних — губок, археоціатів, голкошкірих (морських пузирів і морських лілій), молюсків (пластинчатозяброві, черевоногих і головоногих), плечоногих, трилобітів. Виникнення перших наземних папоротеподібних (спорових) рослин — мохів, хвощів і папоротей.
Протерозойська			Близько 1500	Виникнення безхребетних тварин — одноклітинних (радіолярій та ін.) і багатоклітинних (губок, плечоногих, молюсків, ракоскорпіонів). Велике поширення бактерій та водоростей.
Архейська				Виникнення одноклітинних рослин — бактерій. Виникнення життя на Землі

ГЕОЛОГІЧНИЙ «ВУГЛЕЦЕВИЙ ГОДИННИК»

Більшість природних хімічних елементів поєднується між собою в різних комбінаціях і утворює всю багату різноманітність навколишнього матеріального світу. Ніякі хімічні реакції не діють на атоми цих елементів — у тому розумінні, що атоми залишаються незмінними і завжди можуть бути виділені хімічними способами в чистому вигляді з будь-якої хімічної сполуки.

Проте деякі природні елементи (і всі штучно добуті) не зовсім стійкі: їх атоми час від часу «вибухають» самі собою і перетворюються в атоми іншого елемента. Таке перетворення, або розпад, атомів супроводиться реакцією, тобто випромінюванням, випусканням дрібних заряджених частинок — α (альфа)-, β (бета)- і γ (гамма)- променів; тому процес цей називається радіоактивним розпадом, а нестійкі елементи, які підлягають йому, називаються радіоактивними або просто активними елементами. Серед природних елементів відомо багато радіоактивних, як, наприклад, уран, радій, торій, калій, рубідій та ін.

Кожний активний елемент, розпадаючись, «породжує» завжди «дочірній» елемент, який може виявитись нестійким і перетворюватиметься в новий елемент. У цьому випадку виходить радіоактивний ряд, тобто послідовний «ланцюжок» елементів, зв'язаних між собою «кровним спорідненням».

Так, відомі і добре вивчені радіоактивні ряди важких елементів — урану, актиноурану і торію. Перетворення будь-якого активного елемента кінець кінцем закінчується на цілком стійкому елементі. Так, з урану, актиноурану і торію утворюються свинець і газ гелій, з калію — кальцій і газ аргон, з рубідію — стронцій і т. д.

Для кожного елемента характерна своя швидкість розпаду; вона наочно виявляється так званим періодом піврозпаду, тобто часом, за який кількість радіоактивного елемента в результаті його розпаду зменшується в два рази.

Швидкість розпаду різних елементів неоднакова. Так, піврозпад урану відбувається за 4,5 млрд. років, калію — за 1,4 млрд. років, радію — за 1590 років.

Багато штучно добутих активних елементів розпадається дуже швидко: життя деяких з них триває частини секунди.

У природі можуть існувати незалежно тільки довговічні активні елементи. Недовговічні елементи можуть уціліти лише тоді, коли їх швидке зменшення (внаслідок розпаду) безперервно поповнюється новоутворенням.

Радіоактивність елемента проявляється скрізь однаково при будь-яких зовнішніх умовах; вона не залежить від них, як не залежить і від характеру хімічної сполуки, в якій міститься цей елемент.

Процес розпаду радіоактивних речовин відбувається з точно визначеною швидкістю. Якщо будь-який природний мінерал містить радіоактивний елемент, наприклад, уран або калій, то в цьому мінералі з часом кількість урану або калію зменшуватиметься і одночасно безперервно нагромаджуватимуться кінцеві продукти їх розпаду, про які говорилось вище.

Таким чином, хімічний склад радіоактивного мінералу дуже повільно і закономірно змінюється в часі. Оскільки відомо наперед, скільки, наприклад, гелію і свинцю утворюється з певної кількості урану за один рік, то по цій зміні, тобто по зменшенню радіоактивного елемента та по нагромадженню відповідних кінцевих продуктів його розпаду (гелію, свинцю, аргону, кальцію та ін.), можна обчислити час існування такого мінералу. Наприклад, виходячи із співвідношення свинцю і урану в уранових мінералах або із співвідношення аргону і калію в калієвих мінералах, учені визначають їх абсолютний геологічний вік, тобто, скільки років минуло з часу утворення мінералу до наших днів.

Визначивши вік мінералів, можна встановити і вік гірських порід, які включають ці мінерали. Такий метод дає можливість визначити тривалість окремих геологічних періодів, тобто дозволяє скласти повнішу хронологію геологічної історії Землі і встановити приблизно вік земної кори і самої Землі. Кожен такий вік вимірюється величезними відрізками часу — десятками, сотнями мільйонів і мільярдами років.

Так розпад природних довговічних радіоактивних елементів при певних умовах дає в руки дослідників своєрідний «геологічний годинник» для вимірювання дуже довгих періодів часу. Цей «годинник» йде мільйони ро-

ків з незмінною точністю. Однак, щоб користуватись цим «годинником», потрібні великі знання з хімії, фізики, геології та інших наук.

Зовсім недавно, кілька років тому, учені розробили новий метод визначення віку — в у г л е ц е в и й м е т о д. Цей метод також грунтується на законі радіоактивного розпаду елементів. Суть його така: під дією космічного проміння, що вторгається в земну атмосферу з світового простору, в атмосфері відбуваються реакції, при яких одні хімічні елементи перетворюються в інші.

Зокрема, атоми азоту N^{14} перетворюються в атоми особливої відміни вуглецю з атомною вагою 14 (тоді як звичайний вуглець має атомну вагу 12).

Цей космічний «радіовуглець» C^{14} відрізняється від звичайного земного вуглеводню тим, що він радіоактивний.

Радіовуглець випромінює частинки бета (β) і перетворюється знову в азот.

Радіовуглець не міг би довго існувати на Землі і зник би зовсім менш як за 50 тис. років, коли б його земний запас весь час не поповнювався космічним новоутворенням у верхній частині земної атмосфери.

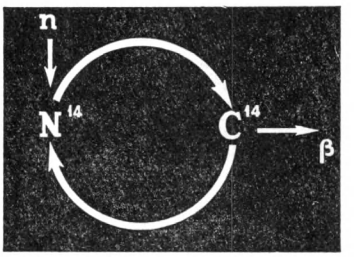


Схема ядерної реакції перетворення атомів азоту (N^{14}) *під дією космічних променів (n) в атоми радіовуглецю* (C^{14}). *Радіовуглець випромінює бета-частинки* (β) *і перетворюється знову в азот* (N^{14}).

Таким чином, у природі відбуваються два протилежних процеси: утворення в атмосфері C^{14} з азоту і безперервний розпад C^{14} та зворотне перетворення його в азот. Обидва ці процеси зрівноважують один одного. Між різними формами вуглецю в природі відбувається безперервний вуглецевий обмін: радіовуглець, утворюючись у верхній частині атмосфери, не залишається в ній повністю, а поширюється по всій атмосфері і переходить в океан.

Рослини, які засвоюють вуглець, також неминуче повинні містити домішку цього радіоактивного вуглецю. Таким чином, вуглець усіх живих організмів містить приблизно таку саму сталу порцію домішки радіовуглецю (C^{14}), як і вуглець атмосферної вуглекислоти (CO_2) і води океанів, бо між усіма цими формами вуглецю в природі відбувається безперервний вуглецевий обмін. У відмерлій органічній речовині, якщо вона будь-яким способом уціліє від руйнування, вуглецевий обмін з атмосферною вуглекислотою (CO_2) припиняється. Запас радіовуглецю більше не поповнюється з атмосфери, і концентрація його починає зменшуватись.

«Радіовуглецевий годинник» починає відлічувати час з моменту відмирання організму, або, точніше, з моменту припинення вуглецевого обміну досліджуваного об'єкта з земною атмосферою.

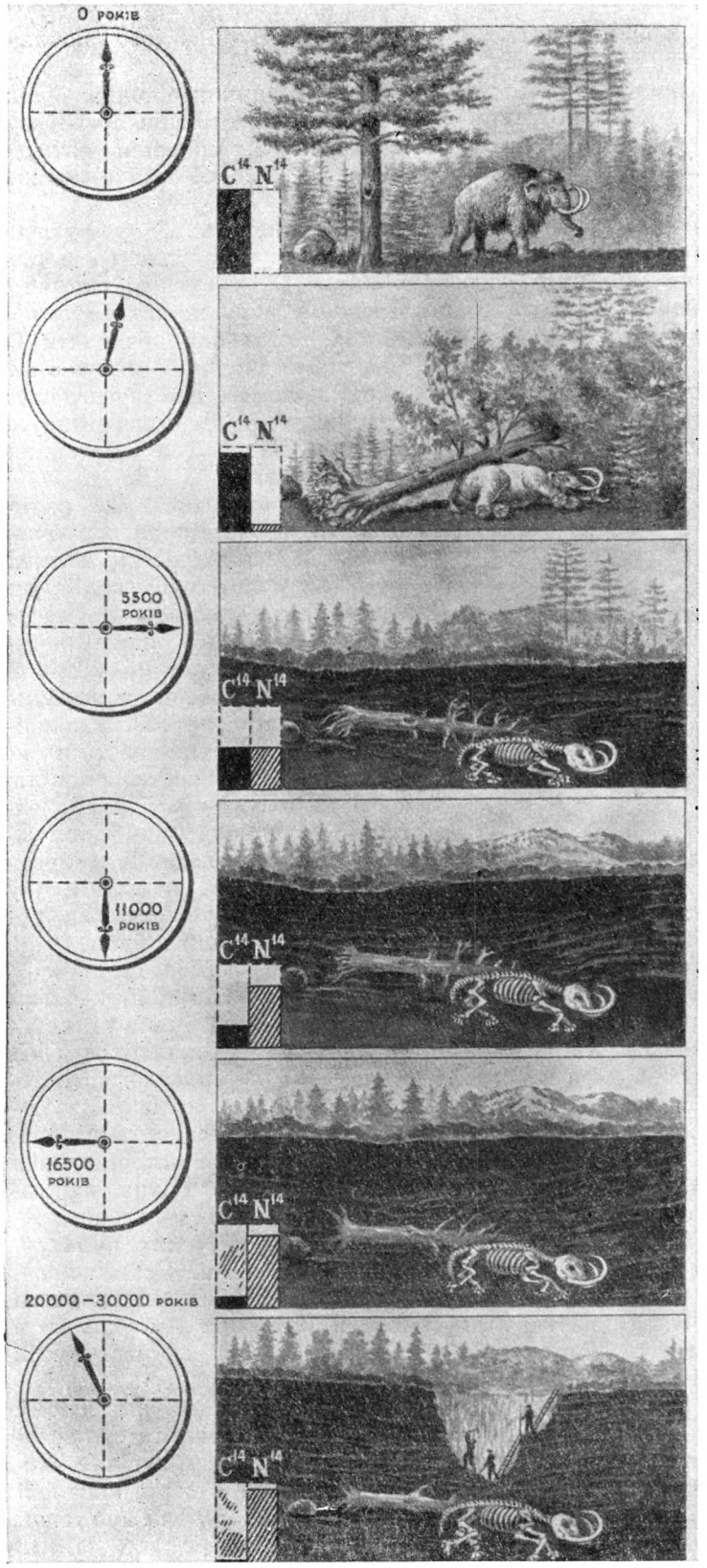
Якщо визначити кількість C^{14} у вуглеці живих рослин або в атмосфері тепер і порівняти його з кількістю C^{14} у вуглеці викопної деревини або деревному вугіллі, похованому в геологічних пластах, то можна обчислити їх вік, тобто час, який минув з моменту початку дії «вуглецевого годинника». Чим більше минуло часу, тим менше буде C^{14} у викопних об'єктах.

Треба пам'ятати, що радіовуглець недовговічний порівняно з такими довговічними елементами, як уран, торій, калій, рубідій. Тому вуглецевим методом можна визначати лише порівняно молоді геологічні й археологічні знахідки, яким не більше 20—30 тис. років. У давніших об'єктах залишається не більш як 3% початкової кількості радіовуглецю. Ця концентрація така мала, що її неможливо виміряти. «Вуглецевий годинник» зупиняється.

Радіовуглецевий метод перевірено на археологічних знахідках, дати яких були точно встановлені історичними документами.

Учені, наприклад, визначили вуглецевим методом вік зразків дерева з гробниць та інших пам'яток Єгипту і Сірії, і він приблизно збігся з віком, який установили археологи й історики. Тепер цим методом широко користуються, щоб установити хронологію доісторичного періоду. Так добуто цікаві матеріали про час розселення доісторичної людини на материках Євразії та Америки і складено хронологію стародавніх мало вивчених культур, як алеутська, перуанська та ін. Установлено, наприклад, що початок останнього потужного наступу льодовика в Північній Америці та в Європі відбувався приблизно 11 тис. років тому.

Матеріалом для дослідження при цьому методі можуть бути найрізноманітніші предмети, де є вуглець: рештки одягу, вугілля давніх вогнищ, вироби з дерева й кори, обпалені кістки тварин, пласти торфу, озерний мул тощо.



У період великого зледеніння значна частина поверхні Землі була вкрита льодом завтовшки до 2 км. У цей час виникли холодолюбні види тварин: мамонт, мускусний вівцебик та ін. Вміст радіоактивного вуглецю C^{14} у живій органічній речовині в ті часи був такий самий, як і тепер.

Тварини і рослини, поховані у вічній мерзлоті, зберігались тисячоліттями. Початкова стадія зберігання мертвих органічних решток характеризується мізерним розпадом в них радіоактивного вуглецю C^{14}.

На початок сучасного, післяльодовикового періоду радіовуглецю в похованих тваринах і рослинах містилось тільки близько половини кількості, що була в них за життя. Цей вміст C^{14} відповідає тривалості його півроспаду, яка дорівнює 5500 рокам.

У післяльодовиковий період були величезні степи з осоковими або полинними заростями. У невеликих і рідких лісах росли головним чином ялини і модрини. Межа цих лісів лежала майже на 200 км далі на північ, ніж тепер. Достаток води, уповільнений стік і низькі температури сприятливо впливали на утворення боліт та торфовищ, які надійно консервували мертву органічну речовину. Визначення вмісту C^{14} у різних геологічних відкладах дає змогу встановити вік кожного з них.

Радіовуглець розпадається строго закономірно і незалежно від місцезнаходження органічної речовини та умов її зберігання. За кожні 5500 років вміст C^{14} у ньому зменшується в два рази, і чим менше залишається C^{14} в органічній речовині, тим складніше визначити його точну кількість.

Зовсім малий вміст C^{14} у давніх рештках, що визначається найточнішими сучасними методами, дає змогу встановити вік їх тільки в тому разі, якщо він не перевищує 20 000 — 30 000 років. При тривалішому розпаді C^{14} остаточний вміст його в органічній речовині неможливо визначити і «вуглецеві годинники» перестають відлічувати час.

Цей самий метод застосовується для вивчення швидкості відкладання осадів у морі і темпів переміщування океанічних вод. Для цього визначають вміст радіовуглецю в донних осадах і в морській воді.

Визначення кількості природного радіовуглецю — операція дуже тонка і складна. У звичайному вуглеці його дуже мало. Найбільший вміст C^{14} у сучасному вуглеці не перевищує 1,5 мікрограма[1] в тонні. У давньому вуглеці концентрація C^{14} ще менша відповідно до віку об'єкта. У мертвому органічному матеріалі за кожні 5500 років вміст C^{14} зменшується вдвоє. У давніх копалинах, таких, як кам'яне вугілля, нафта, вапняки та ін., радіовуглець цілком розпався і зник.

Кількісне визначення C^{14} у зразках проводять після тривалої хімічної підготовки, яка потрібна для того, щоб очистити вуглець від різних активних домішок. Визначення C^{14} зводиться до вимірювання радіоактивності виділеного вуглецю на спеціальній лічильній установці, яка здатна відлічувати кожний розпалий атом радіовуглецю в досліджуваному зразку. Щоб забезпечити необхідну точність аналізу, його проводять протягом довгого часу (близько двох діб).

Вуглецевий метод міг виникнути тільки завдяки успіхам сучасної ядерної фізики. Цікаво, що радіовуглець спочатку добули штучно в лабораторних умовах, при вивченні ядерних

[1] *Мікрограм* — одна мільйонна частка грама.

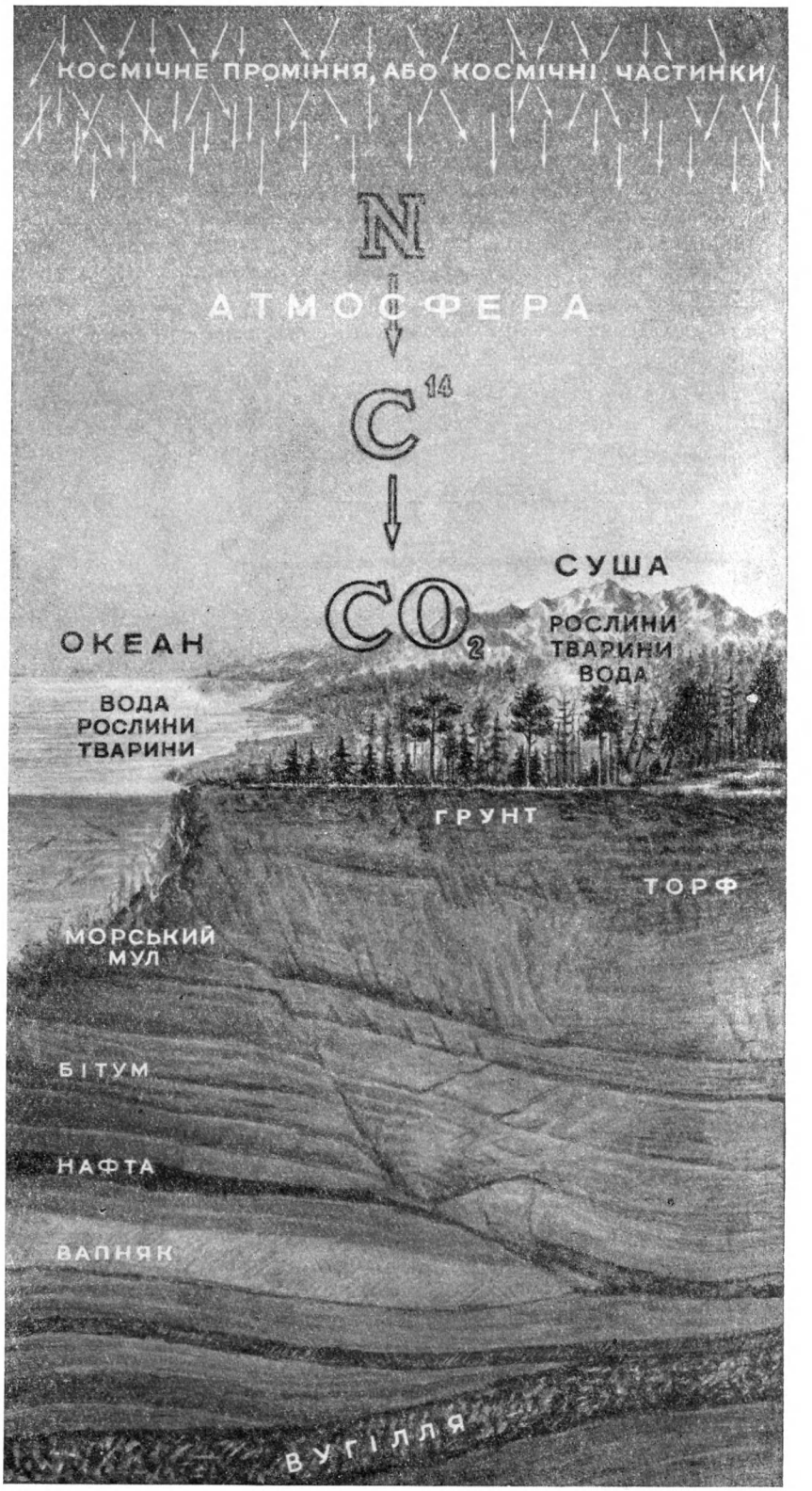


Схема кругообігу вуглецю в природі: Зона утворення C^{14} в атмосфері. В океані і на суші зона поширення радіовуглецю C^{14} і безперервного вуглецевого обміну. У грунті, торфі, морському мулі відбувається розпад радіовуглецю. Шари, де залягають нафта, вугілля, вапняки, не містять радіовуглецю, бо він розпався.

реакцій з нейтронами[1]. Дослідження умов утворення C^{14} привело вчених до висновку, що радіовуглець повинен існувати і в природі, де відбувається процес взаємодії нейтронів з атмосферним азотом. Американський радіохімік Ліббі теоретично підрахував, яка кількість C^{14} має бути в атмосфері, і прийшов до висновку, що концентрація його хоч і надзвичайно мала, та все ж доступна для вимірювання сучасними радіометричними засобами. У 1949 р. радіохіміки Арнольд і Ліббі здійснили відповідні перевірні вимірювання C^{14}, і досліди підтвердили правильність їх теоретичного припущення. Незважаючи на складність досліджень і обмеженість застосування вуглецевого методу, у зв'язку з тим, що вік досліджуваних об'єктів не повинен перевищувати 20—30 тис. років, за допомогою його вже знайдено багато визначень віку.

Так людський геній дедалі глибше проникає в явища природи і пізнає її закони, а це дає змогу зрозуміти події, які відбувались на земній кулі за дуже й дуже давніх часів.

[1] *Нейтрон* — елементарна частинка, що входить до складу атомних ядер і не несе ніякого електричного заряду.

ЯК УТВОРЮЮТЬСЯ ГОРИ

Кавказ підо мною. Стою в вищині
Німий і самотній край яру страшного;
Орел, зо шпиля підлетівши стрімкого,
Ширяє недвижно зо мною врівні.
Тут бачу, як струмні з-між гір виникають,
Як грізні обвали додолу шугають...

О. С. Пушкін

Коли ви ще не бували в горах, то все ж, безперечно, маєте уявлення про них. Гори можна побачити на картинах художників. Про гори розповідається не тільки в підручниках географії, а й у творах наших письменників і поетів. Ви, звичайно, знаєте вірш О. С. Пушкіна «Кавказ» і чудові рядки, присвячені Кавказу, в творах М. Ю. Лермонтова. Ви, мабуть, читали повість Л. М. Толстого «Козаки», де він так яскраво передає враження Оленіна, який вперше побачив гори.

Гори, справді,— наймальовничіші ділянки земної кулі. Величні і прекрасні вершини Тянь-Шаню, Кавказу, Альп, які виблискують вічними снігами, неприступне білосніжне громадця Гімалаїв; красиві і суворі хребти Уралу, увінчані примхливо вивітрілими скелями, що височать, як вартові башти, над хаосом кам'яних брил; гарні зелені схили й долини Карпат із бистрими річками.

Гори ваблять людину не тільки своєю красою. У надрах їх лежать рудні багатства, з видобуванням і використанням яких зв'язаний культурний розвиток людства. Бистрі гірські річки — потужне джерело енергії. Чисте гірське повітря і різноманітні мінеральні джерела, на які особливо багаті молоді гори, відновлюють сили і здоров'я хворих і стомлених людей.

Гори здавна заселялися людьми. Сліди найдавніших стоянок і старовинних гірничих розробок виявлено в Середній Азії, у важкодоступних горах Тянь-Шаню та Паміру, на Уралі, Кавказі, серед величних хребтів Анд. Особливо цікаві і привабливі гори для геологів. Вони вивчають їх, щоб зрозуміти їх будову і використати заховані в них багатства.

З будовою гір можна ознайомитись досить добре, не закладаючи бурових свердловин і не копаючи глибоких шахт: будова гір розкривається в ущелинах і на відслонених схилах у долинах річок.

Помандруємо в думці по долинах річок Північного Уралу і ознайомимося з будовою цього хребта. Щоб пересікти Північний Урал, треба піднятись на човні по одній з приток Печори, яка з нього збігає, перейти пішки через гірський вододіл і спуститись на плоту по одній з річок східного схилу, що належить до басейну р. Обі. По берегах уральських рік виступають мальовничі скелі й відслонені обриви, або відслонення. Ви побачите, що вони складаються з осадових порід: вапняків, пісковиків, конгломератів, глинистих і кременистих сланців. У цих породах трапляються відбитки і скам'янілі рештки вимерлих організмів; особливо їх багато у вапняках.

Відклади вапняків вказують на те, що мільйони років тому тут було відкрите, неглибоке

тепле море, на дні якого існували морські тварини з вапняними скелетами.

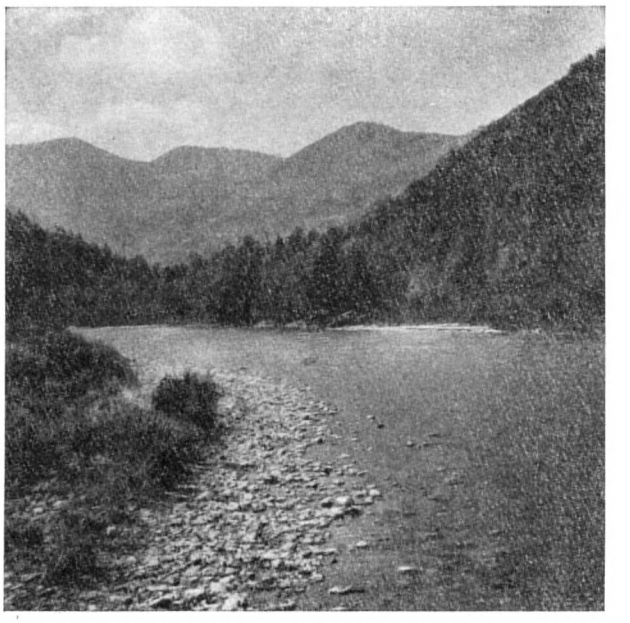
Пісковики із залишками морських організмів і з відбитками рослин, які видно тут, відклались на морському узбережжі або морських островах, а пісковики і глини із залишками рослин та прісноводних тварин — річкові або озерні осади. У берегових відслоненнях рік західного схилу Уралу виступають головним чином пласти морських відкладів.

Рештки організмів, що трапляються в гірських породах, дають змогу не тільки визначити умови, в яких ці породи утворились, а й з'ясувати, які з пластів відклались раніше, а які пізніше. Докладніше про це сказано на стор. 153—161.

Геологи поділяють історію Землі на п'ять великих відрізків часу, або ер: археозойську (еру найдавнішого життя), протерозойську (еру первісного життя), палеозойську (еру давнього життя), мезозойську (еру середнього життя) і кайнозойську (еру нового життя). Тривалість ер вимірюється сотнями мільйонів років. Вони в свою чергу поділяються на періоди, тривалість яких вимірюється десятками мільйонів років. З таблиці на стор. 161 ви можете довідатись, які зміни відбувались в органічному світі протягом історії Землі, які групи тварин і рослин характерні для кожного періоду.

Вивчення викопних решток тварин і рослин, що зустрічаються в пластах, які утворюють Уральський хребет, показує, що вони відкладались протягом палеозойської ери історії Землі. У міру того як ви просуватиметесь на схід, в узбережних скелях уральських рік виступатимуть пласти чимраз давніших відкладів палеозойської ери.

Уздовж крайньої західної окраїни Уралу йде з півночі на південь смуга осадів, які утворилися в останньому, пермському періоді цієї ери. Породи, що відклалися на початку пермського періоду, складаються з пісковиків, конгломератів і глинистих сланців з морською фауною, а осади другої половини пермського періоду утворились не в морі, а в річках та озерах; там можна знайти рештки рослин, прісноводних молюсків і риб, а в одному відслоненні на березі Верхньої Печори знайшли кістки великих вимерлих плазунів.



У Карпатах. Ріка Тиса нижче від міста Рахова.

На Полярному Уралі, у басейні притоки Печори р. Уси, серед пермських відкладів є численні пласти вугілля. Тут у 1926 р. проф. О. О. Чернов відкрив багатющий Печорський вугільний басейн. У межах Верхньої Печори в пермських відкладах зовсім немає вугілля.

Пік Леніна. Висота 7134 м над рівнем моря.

Камінь Лек-ів (мовою комі — «Поганий камінь») на ріці Імог, притоці ріки Печори, складається з вапняків кам'яновугільного періоду.

Зате тут виявлено поклади кам'яної і цінних калійних солей.

Товщина відкладів пермського періоду на західному схилі Північного Уралу дуже велика; вона досягає кількох кілометрів.

Далі на схід від смуги пермських порід у передгір'ях західного схилу Уралу йде смуга відкладів кам'яновугільного періоду, що передував пермському. Це головним чином вапняки з залишками морських тварин. У цих районах Уралу місця особливо мальовничі. Придивляючись до згладженої водою поверхні вапняків, можна немов заглянути на дно кам'яновугільного моря, де видно різноманітні черепашки, великі колонії коралів або цілі пласти порід, які складаються з члеників стебел морських лілій і голок морських їжаків. Розглядаючи вапняк у лупу, можна впевнитись, що він часто складається весь з дрібнісіньких черепашок кореневіжок — форамініфер.

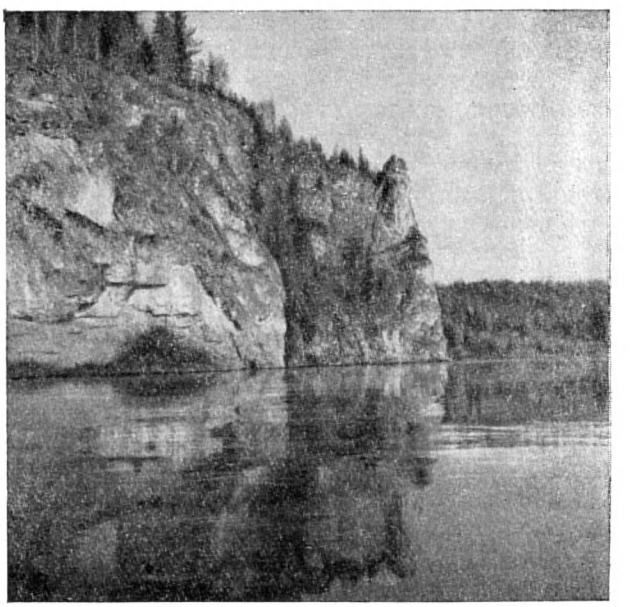
Серед відкладів, що утворились на початку кам'яновугільного періоду, крім вапняків, є пласти пісковиків з рослинними залишками, а подекуди і з пластами кам'яного вугілля. Значить, тоді відбувалось обміління моря і місцями з'являлась суша, вкрита багатою рослинністю, яка дала матеріал для утворення вугілля. Великі родовища вугілля кам'яновугільного віку давно розробляють на Середньому Уралі, поблизу міста Кізела; видобувають вугілля також і на Печорі.

За смугою кам'яновугільних вапняків іде смуга давніших відкладів — девонського, а потім і силурійського періодів. Вони також складаються частково з вапняків, частково з пісковиків. Між ними є кременисті і глинисті сланці — пам'ятки більш глибоководних районів моря.

Оглядаючи скелі палеозойських порід, які виступають по берегах річок, ми помічаємо, що шари не лежать горизонтально. Пласти вапняків у берегових скелях звичайно нахилені, або «падають», у той чи той бік під меншим або більшим кутом до горизонту. Іноді пласти стоять вертикально. Ці нахилені і вертикальні пласти — частини великих, напівзруйнованих складок. Розміри складок різні: від найменших, що вимірюються сантиметрами, до величезних — завдовжки десятки кілометрів, а завширшки сотні і тисячі метрів. Такі великі складки можуть утворити високі гірські пасма (див. рис. на стор. 169).

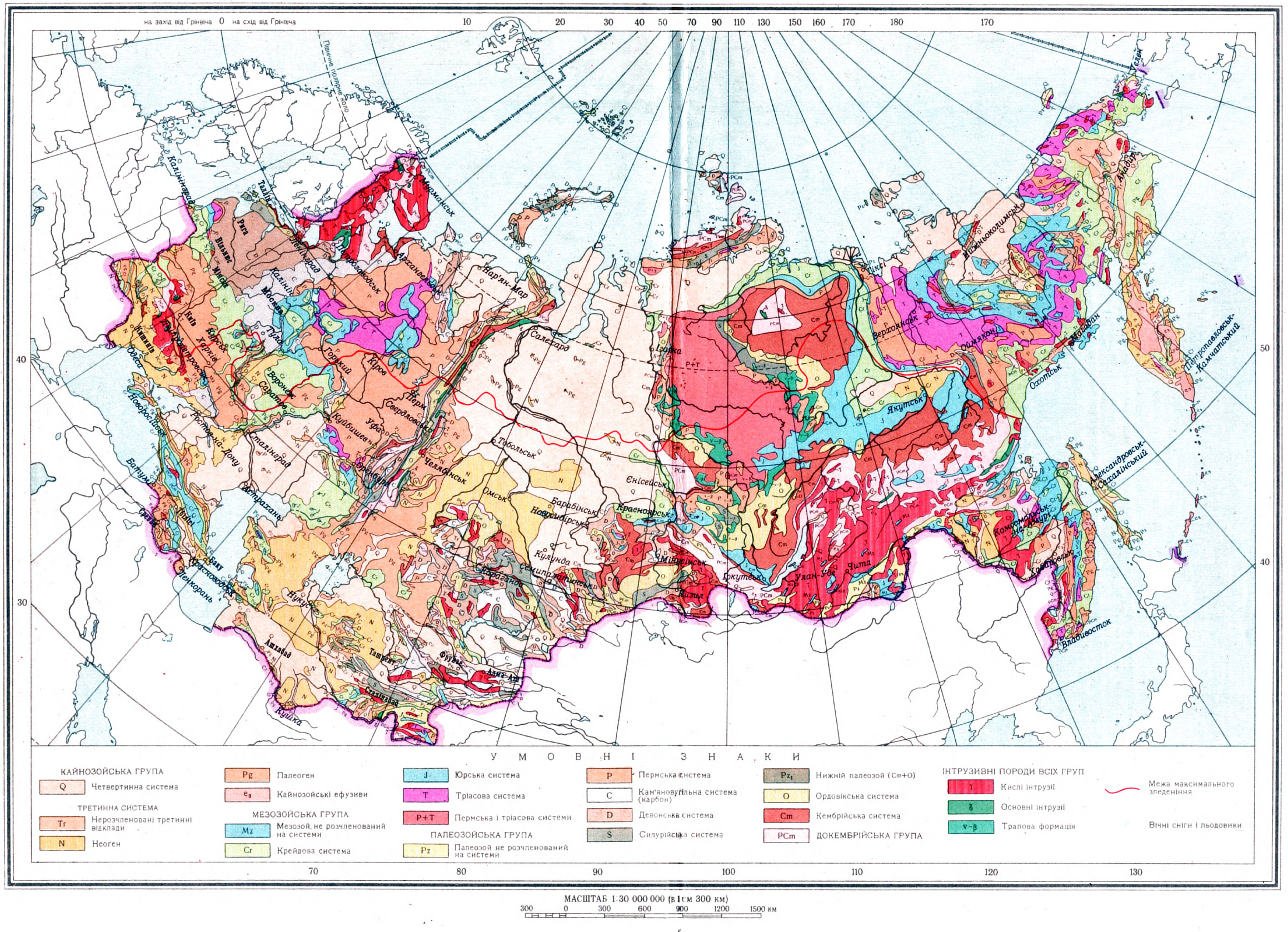
Найбільш давні і найбільш змінені осади складають головний Уральський хребет. У міру того як ви будете наближатися до нього, почнуть відкриватися мальовничі види на вершини навколишніх гір.

Розглядаючи відслонені скелі й осипи на вершинах Уральських гір, ви зустрінете кри-



Камінь Високий на ріці Уньї, притоці ріки Печори, складається з вапняків девонського періоду.

СРСР. ГЕОЛОГІЧНА КАРТА



УМОВНІ ЗНАКИ

КАЙНОЗОЙСЬКА ГРУПА

- Q — Четвертинна система

ТРЕТИННА СИСТЕМА

- Tr — Нерозчленовані третинні відклади
- N — Неоген
- Pg — Палеоген
- e_3 — Кайнозойські ефузиви

МЕЗОЗОЙСЬКА ГРУПА

- Mz — Мезозой, не розчленований на системи
- Cr — Крейдова система
- J — Юрська система
- T — Тріасова система
- P+T — Пермська і тріасова системи

ПАЛЕОЗОЙСЬКА ГРУПА

- Pz — Палеозой не розчленований на системи
- P — Пермська система
- C — Кам'яновугільна система (карбон)
- D — Девонська система
- S — Силурійська система
- Pz_1 — Нижній палеозой (Cm+O)
- O — Ордовікська система
- Cm — Кембрійська система
- PCm — ДОКЕМБРІЙСЬКА ГРУПА

ІНТРУЗИВНІ ПОРОДИ ВСІХ ГРУП

- γ — Кислі інтрузії
- δ — Основні інтрузії
- ν-β — Трапова формація

Межа максимального зледеніння

Вічні сніги і льодовики

МАСШТАБ 1:30 000 000 (в 1 см 300 км)

300 0 300 600 900 1200 1500 км

сталічні сланці, які утворились внаслідок зміни осадових порід, кварцити, слюдяні сланці, рідше — мармури. Часто можна спостерігати, як ці породи перешаровуються з зеленими сланцями іншого походження, що утворились завдяки метаморфізації (див. стор. 100) базальтових лав.

Гадають, що давні кристалічні сланці Уралу належать до відкладів кембрійського періоду і частково навіть протерозойської ери.

Ряд вершин Уральських гір складається з глибинних вивержених порід: гранітів, габро та ін.

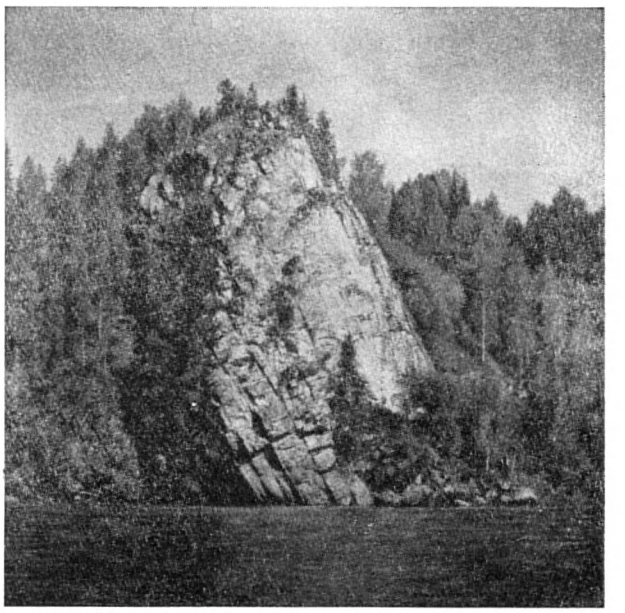
Серед давніх сланців гірської смуги, особливо там, де поширені граніти і габро, трапляються різноманітні рудні родовища, якими так славиться Урал. Тут є золото, платина, срібло, свинцеві й цинкові руди, залізо, мідь і ряд інших металів.

Якщо ви перейдете через Уральський хребет і будете спускатись по долинах рік його східного схилу, ви знов потрапите в край палеозойських відкладів. Вони відрізнятимуться від відповідних їм за віком осадів західного схилу великою кількістю вулканічних порід.

Біля самої окраїни східних передгір'їв Уралу, на межі їх з великою Західно-Сибірською низовиною, виступають молодші відклади, що утворилися протягом мезозойської і кайнозойської ер. Ці морські і континентальні осади вкриті четвертинними породами льодовикової епохи. На відміну від палеозойських відкладів вони лежать горизонтально.

Що можна сказати про походження Уральського хребта на підставі того, що вам довелося бачити, переходячи його?

В якому напрямі діяли сили, що зумовлювали утворення складок? Косі, перевернуті і лежачі складки в горах прямо вказують, в якому напрямі діяли сили, що зминали пласти. Такі складки, безумовно, утворилися від бічного, горизонтального тиску. Цей тиск найчастіше був однобічним, бо в кожній гірській області складки звичайно перевертаються і лягають в одному переважаючому напрямі. На західному схилі Уралу складки нахилені і перевернуті на захід внаслідок тиску, який ішов із сходу. Пряма складка може виникнути від тиску як знизу догори, так і бічного, що діє в горизонтальному напрямі. Це легко перевірити на простому досліді. Якщо покласти на стіл пачку аркушів паперу, підкласти під неї паличку і піднімати її, то папір вигнеться і утворить пряму **антиклінальну складку**. Така сама складка вийде, коли обережно



Пласти вапняків кам'яновугільної системи на ріці Уньї, які круто падають на схід.

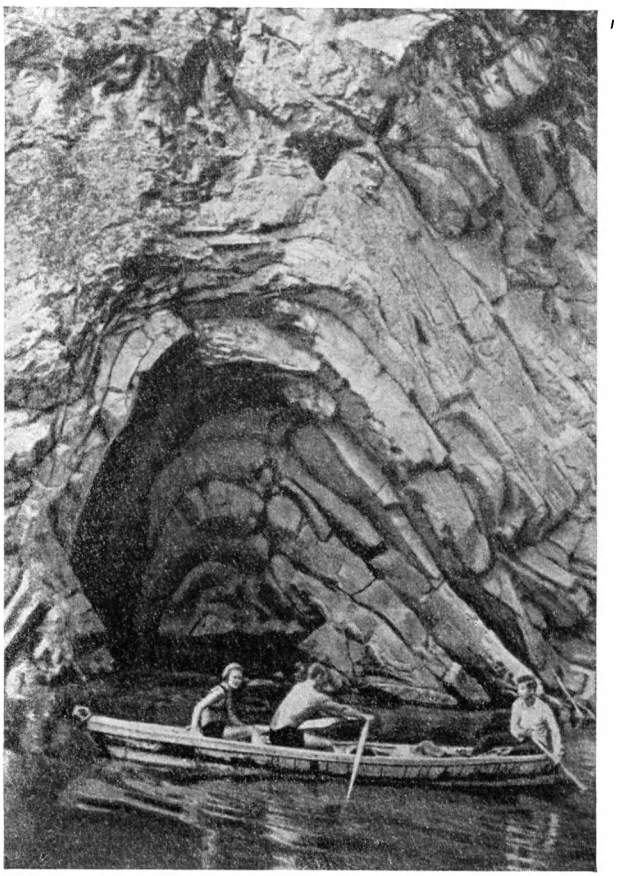
стискувати з обох боків руками аркуші паперу, які лежать на столі. Як ви бачите, складки утворюються в результаті порушення початкового залягання пластів. Такі порушення в заляганні пластів землі називаються **дислокаціями**.

Ви впевнилися в тому, що Уральський хребет складений великою товщею осадових порід палеозойського віку і майже виключно морського походження. Серед останніх у гірській смузі і на східному схилі багато вулканічних порід, які вилилися назовні. Це свідчить про те, що на місці Уралу в палеозої було море, на дні якого відбувались виверження підводних вулканів і потужні виливи лав.

Товщина палеозойських відкладів на Уралі велика: вона досягає 10—12 *км*. Як же могла утворитись товща осадів такої величезної потужності? Це можна пояснити тільки тим, що в морському басейні, який був на місці теперішнього Уралу, в міру нагромадження осадів опускалось морське дно.

Наприкінці палеозойської ери шари, які відкладалися протягом багатьох мільйонів років, були зім'яті в складки і з дна Уральського моря піднялись високі гірські хребти. Особливо значні підняття сталися в ділянці теперішньої гірської смуги.

Складки, з якими можна ознайомитись у багатьох відслоненнях Уралу, мають досить



Палеозойські вапняки на березі ріки Чусової на Уралі, що утворюють антиклінальну складку (видно її ядро).

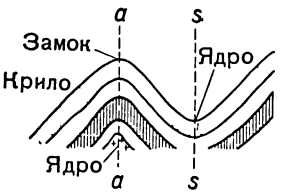
складну будову. Геологів давно цікавили умови, при яких вони утворюються. Щоб могли виникнути вигини товстих пластів пісковиків та вапняків, породи мали перебувати в особливо податливому, пластичному стані. На поверхні землі ці породи у звичайних для нас умовах жорсткі: вони не здатні давати плавні згини і повинні розколюватись під тиском внутрішніх сил Землі. Пластичності породи набувають у глибинах земної кори, тому геологи зробили висновок, що й *складки, які утворюють гори, виникають у глибоких надрах Землі.*

Формування Уральських гір супроводилось заглибленням розжареної магми, яка утворила вогнища — батоліти, що повільно остигали (див. стор. 94). З цих остигаючих осередків піднімались і проникали в тріщини навколишніх порід розжарені пара і гази, гарячі розчини. З ними зв'язане утворення тих родовищ руд і дорогоцінних каменів, якими славиться Урал. Руйнування Уральського хребта, що триває багато мільйонів років, розкрило застиглі в глибинах батоліти, які виступають тепер на поверхню.

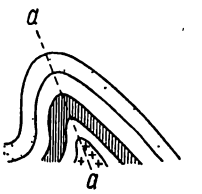
Знайомлячись з історією утворення Уралу, можна впевнитись, що на його місці протягом палеозойської ери була ділянка тривалого прогинання, залита морем. На дні цього моря нагромаджувалися великі товщі осадів, які були здатні зминатися в складки. Такі ділянки дістали назву геосинкліналей. Наприкінці палеозою (у пермському періоді) і на початку мезозою (у тріасі) в Уральській геосинкліналі відбулися великі горотворні процеси і виникли високі гірські пасма.

Виникнення гір на місці геосинкліналей — основний закон горотворення, який підтверджується вивченням будь-якої гірської країни. Щоб переконатися в цьому, здійснимо ще подорож на Кавказ: перейдемо Головний Кавказький хребет.

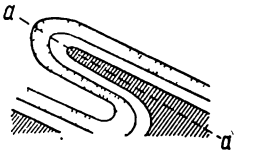
Через Головний Кавказький хребет прокладені дороги — Воєнно-Грузинська, Воєнно-Осетинська і Воєнно-Сухумська. По них можна проїхати або пройти пішки. Для геолога



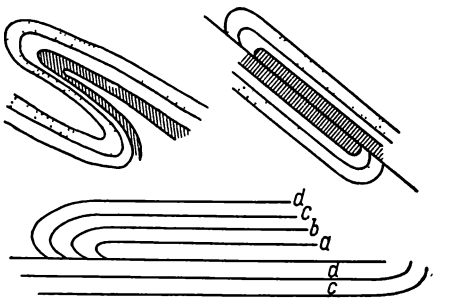
Антиклінальні і синклінальні складки (a — a осьова площина антикліналі, s—s осьова площина синкліналі).



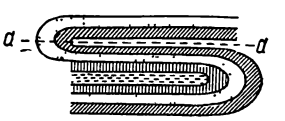
Коса антиклінальна складка.



Перекинуті антиклінальна і синклінальна складки.



Перекинута складка (ліворуч); складка-всув (праворуч) і складка-наволок (унизу). Буквами позначено пласти, що перемістилися після розриву складки.



Лежачі антиклінальна і синклінальна складки.

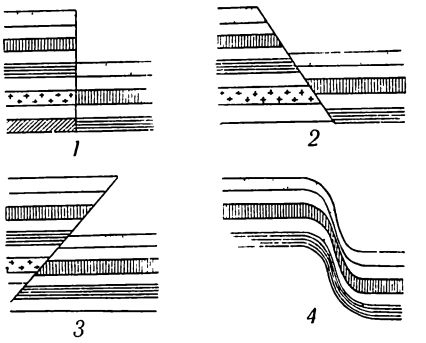
пішохідний спосіб пересування, звичайно, кращий: він може зупинятися там, де захоче, і оглядати по дорозі все, що його цікавитиме.

Можна вирушити в похід по Воєнно-Грузинській дорозі від міста Орджонікідзе до Тбілісі.

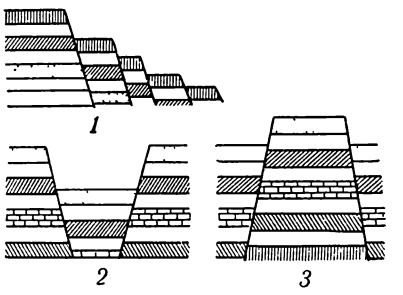
З Орджонікідзе відкривається чудовий вид на Кавказький хребет, особливо вранці, коли гори ще не затягло хмарами, які звичайно окутують вершини десь близько полудня. За зеленими пасмами передових хребтів високо до блакитного неба піднімаються вкриті вічними снігами громади. Серед зубчастих гребенів з примхливими обрисами найвище сяють білосніжні куполи двох велетнів Кавказу — згаслих вулканів — Ельбрусу і Казбеку. Якщо гори старого Уралу справляють враження давніх руїн, уламків колишньої величі, то коли бачиш виблискуючі вершини Кавказу, відчуваєш всю міць тих сил, які підняли далеко за хмари ці потужні хребти. Здається, що вони вічні і непорушні.

Величезні відслонені стіни і обриви безперервно тягнуться по берегах долини р. Тереку, який глибоко врізався в передгір'я і північний схил Головного Кавказького хребта. Так само як на Уралі, у міру просування до вододілу ви побачите в обривах дедалі давніші шари осадових порід, зім'яті в величезні складки. Однак вік усіх цих порід значно молодший, ніж на Уралі. Це відклади третинної системи, представлені пісковиками, глинами і різними уламковими породами. Вони простягаються широкою смугою по окраїні північного схилу Кавказу, як це можна бачити на геологічній карті (див. стор. 168—169). У третинних осадах північного схилу Кавказу, поблизу міст Грозного, Майкопа і в деяких інших місцях є поклади нафти.

Третинні відклади змінюються морськими породами, що утворились раніше, у мезозойській ері (в юрському і крейдовому періодах). Серед останніх найдавніші — глинисті сланці, що відклались на початку юрського періоду. Вони тягнуться на великій відстані вздовж Воєнно-Грузинської дороги до Дар'яльської ущелини і зім'яті в численні круті складки. Біля селища Ларс ці шари перетворені в щільні покрівельні, або аспідні, сланці, які видобувають тут для будівництва. Серед сланців трапляються покриви давніх лав і прошарки вулканічних туфів, які показують, що в юрському періоді в морі на місці Кавказу відбувалися вулканічні виверження.



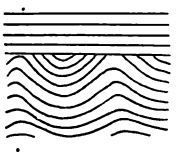
Різні типи простих скидів:
1 — прямий скид; *2* — нормальний косий скид; *3* — обернений косий скид; *4* — флексура (опускання однієї ділянки відносно другої без розриву шарів).



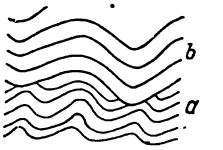
Типи складних скидів:
1 — ступінчастий скид; *2* — грабен; *3* — горст.

Згідно залягаючі горизонтальні шари.

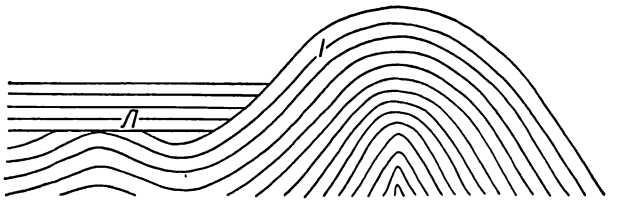
Згідно залягаючі шари, зім'яті в складки.



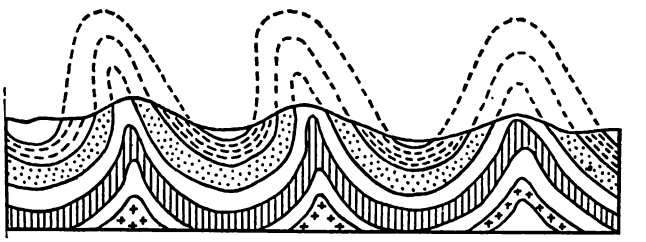
Горизонтальні шари, що незгідно вкривають шари, зім'яті в складки.



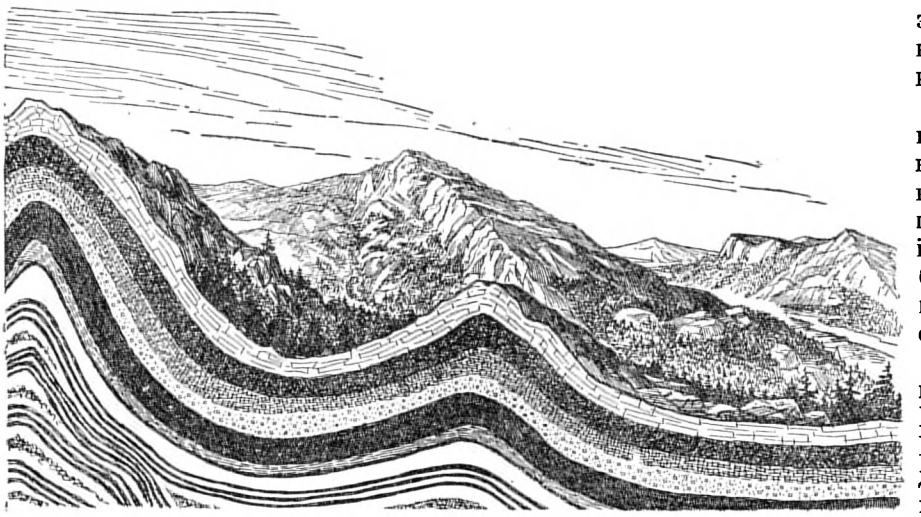
Дві товщі зім'ятих у складки шарів (a і b), що залягають незгідно.



Схема, що пояснює спосіб визначення віку шарів. 1 — давніші шари, ніж Л.



Такий вигляд мають зруйновані антикліналі і синкліналі. Пунктиром показано, який вигляд складки мали раніше.



Антикліналі, що утворюють гірські пасма, виникли на місці геосинкліналей.

Грандіозна і похмура Дар'яльська ущелина прорита Тереком у масиві давніх гранітів. Прямовисні гранітні стіни підносяться тут до висоти 1400 *м*. Зверху вкривають їх юрські кварцити і сланці, утворюючи тут величезну антиклінальну складку.

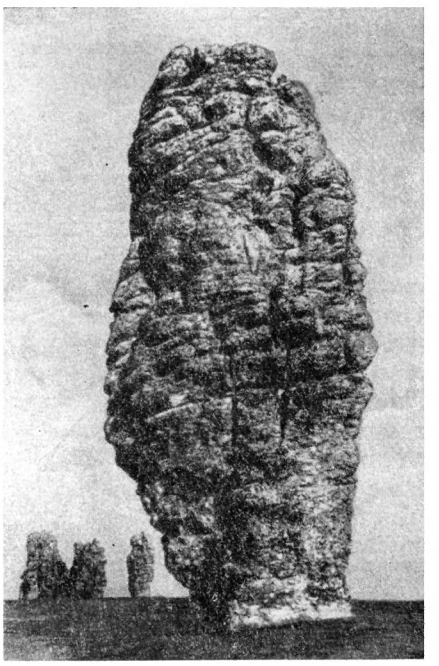
В її ядрі виступають найдавніші граніти Кавказького хребта, що утворилися задовго до юрського періоду.

Минувши давні граніти Дар'яльської ущелини, ми знову опиняємося серед відкладів порід юрського віку і наближаємось до цікавої молодої вулканічної ділянки гори Казбек. Цей могутній вулкан наче насаджений на Кавказький хребет. Він не діє тепер, але його останні виверження відбувались недавно, наприкінці льодовикової епохи. Потоки лави, що спускались з Казбеку, доходять до долини Тереку і Воєнно-Грузинської дороги. Перший потік, який ви зустрінете, спустився в долину Тереку, перекрив його русло і примусив ріку відхилитись на схід і прорити собі нове русло. Темно-сірі і червоні лави другого потоку, який стікав з Казбеку, розробляють для потреб хімічних заводів. З них виробляють литі кислототривкі камені.

З селища Казбек відкривається чудовий вид на величний згаслий вулкан Казбек. Звідси можна піднятись на льодовики і снігову вершину Казбеку і по дорозі помилуватись квітучими альпійськими луками.

Казбек не єдиний вулкан у цій частині Кавказу. Минувши його, Воєнно-Грузинська дорога проходить біля підніжжя вулкана Кабарджин, про багаторазові виверження якого свідчать потоки лав різного складу, а ще далі в долину Тереку спускається потужний лавовий потік вулкана Хурісор.

За селищем Кобі дорога відходить від долини Тереку і піднімається на Хрестовий перевал по ущелині, яка вирита в світлих юрських вапняках та мергелях. По схилах долини видно великі товщі вапнякового туфу, відкладені численними вуглекислими вапнистими джерелами. Вуглекислота, мабуть, надходить з того вулканічного осередку, з якого недавно виливалась лава.



Стовп вивітрювання на вершині гори Болзано-із у верхів'ї ріки Печори.

Від Хрестового перевалу до селищ Млеті і Пасанаур дорога продовжує перетинати місцевість, яка складається з осадів юрського періоду, зім'ятих у складки, перевернуті на південь. Отже, уся центральна частина Головного Кавказького хребта і ділянка перевалу складаються з юрських порід. Це добре можна бачити на геологічній карті (див. стор. 168—169).

Продовжимо нашу подорож.

Якщо піти від Гудаурі вниз долиною Білої Арагві, можна побачити потужний потік базальтової лави, що спустився на північ. По крутому, прямовисному обриву

потоку на лівому березі ріки дорога на 200 *м* спускається в ущелину Арагві. Це знаменитий Млетський спуск, петлі якого частково висічені в скелях, частково прокладені на високих підпірних стінах. Спускаючись дорогою, можна бачити на схилах прекрасні відслонення базальтових лав. Вони свідки недавнього вулканізму в центральній частині Головного Кавказького хребта, який тепер уже припинився. При дальшому неминучому руйнуванні хребта вулканічні конуси та їх лавові потоки будуть знищені і від них не лишиться й сліду, як не лишилося слідів пермських вулканів, які певно існували і на Уралі в період його підняття.

За 2,5 *км* від села Пасанаур, там, де Біла Арагві круто повертає на південь, дорога, прокладена по її долині на відстані 18 *км*, перетинає відклади крейдового періоду — темні глинисті сланці, перешаровані з вапнистими пісковиками.

За смугою крейдових відкладів з'являються третинні, які досягають тут значної товщини. Будова цієї ділянки дуже складна. Третинні відклади тягнуться вздовж усього південного схилу Головного Кавказького хребта і, подібно до відкладів північного схилу, складаються з потужних товщ уламкових порід. Так само як і третинні осади північного схилу, які ми бачили раніше, вони містять нафту. Особливо багаті родовища її є на південно-східному краю Кавказьких гір на Апшеронському п-ві, у районі м. Баку.

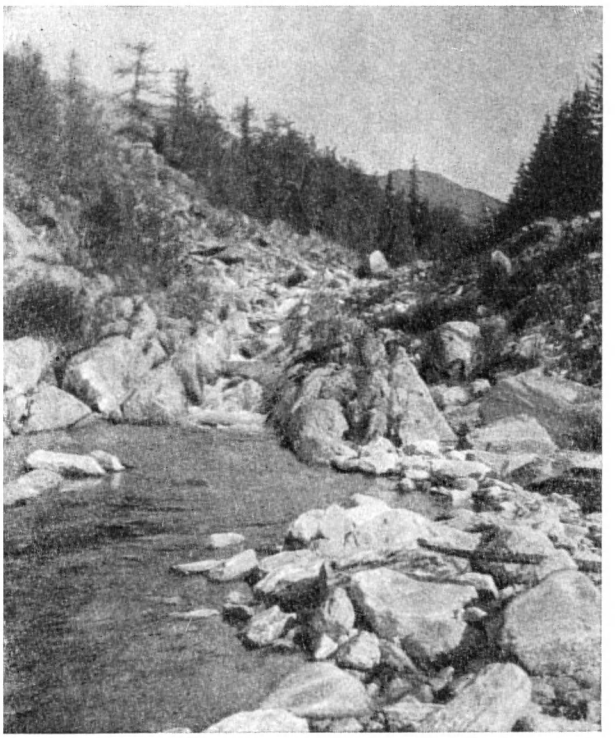
Зробимо деякі підсумки спостереженням, які були зроблені під час походу по Воєнно-Грузинській дорозі.

Коли ми йшли від м. Орджонікідзе до Дар'яльської ущелини, нам траплялись чимраз давніші породи, починаючи від відкладів кінця третинного періоду аж до давньоюрських шарів і виступаючих найдавніших гранітів. На шляху від Дар'яльської ущелини та Хрестового перевалу впадала в око зворотна послідовність відкладів: давньоюрські шари змінювались молодшими юрськими відкладами, потім крейдовими і, нарешті, третинними породами. Отже, Головний Кавказький хребет становить величезну антикліналь, в ядрі якої виступають найдавніші породи, а на крилах — чимраз молодші. Антиклінальну будову Кавказу дуже яскраво видно на геологічній карті (див. стор. 168—169).

Зауважимо, що скрізь у будові Головного Кавказького хребта можна спостерігати нахил і перевертання складок на південь. Це вказує, що складки утворилися в результаті

Дар'яльська ущелина.
(Картина художника Р. Г. Судковського).

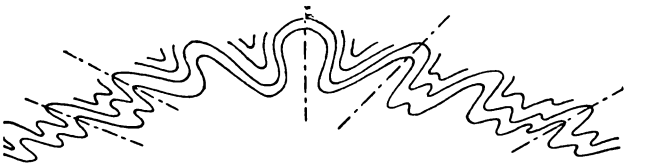
Краєвид міста Мцхета.



Вершини хребта Щуко-пом-із на Північному Уралі.

бічного тиску, спрямованого з півночі на південь. У загальних рисах історія утворення Кавказьких гір така: на місці Кавказу з початку палеозойської ери була геосинкліналь. Про це свідчать потужні морські осади палеозойської ери. У басейні рік Лаби і Білої добре видно, що палеозойські породи зім'яті в складки і в них заглибились давні граніти. Отже, Кавказька геосинкліналь була на місці Головного Кавказького хребта задовго до мезозойської ери і в ній вже відбувались зім'яття пластів. Протягом мезозою, як ми могли упевнитись, геосинкліналь зберігалася, і протягом юрського і крейдового періодів у ній нагромаджувались потужні осади. На початку третинного періоду на місці майбутнього Головного Кавказького хребта утворився плоский острів серед широкого моря.

У морі відкладались чисті вапняки і мергелі, які свідчать про те, що сюди майже не потрапляли уламки з суші. Далі умови змінюються: починає підніматись центральна частина Кавказу, утворюється великий, вже гористий, острів. Його оточував широкий прогин. У міру того як піднімався центральний острів і руйнувався, з нього зносився уламковий матеріал, який безперервно скупчувався в прогині у вигляді шарів пісків і галечників, що перетворилися згодом у пісковики та конгломерати.



Схематичне зображення антиклінальної будови гірського хребта.

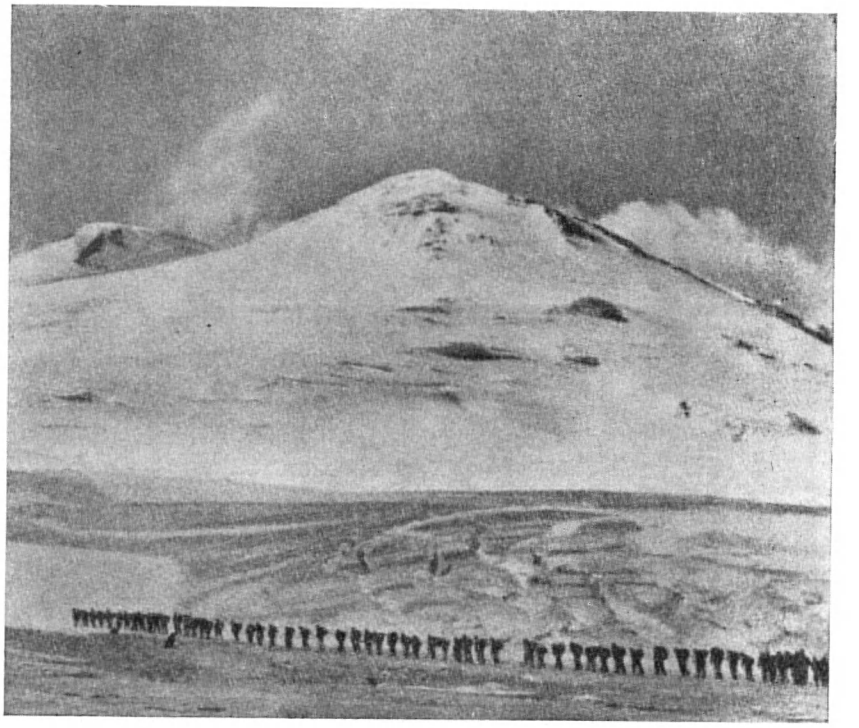
Підняття гористого острова можна вважати початком утворення Кавказького хребта. Воно тривало в другій половині третинного періоду. На цю ж епоху припадають заглиблювання наймолодших гранітів Кавказу і виникнення величезних вулканічних конусів — Казбеку та Ельбрусу. Особливо значні підняття Кавказу відбувались на межі третинного і четвертинного періодів. Хребет досягав тоді величезної висоти. Він руйнувався, скидаючи силу-силенну уламкового матеріалу. Підняття і руйнування Кавказького хребта тривало у льодовикову епоху і триває в наші дні.

Казбек.

Рухи земної кори не припинились на Кавказі й тепер. Про це свідчать землетруси, особливо часті на південному схилі Головного Кавказького хребта і в Закавказзі.

У XII ст. в горах південного схилу Кавказу стався страшенний землетрус. Величезний потік кам'яних брил, які відірвались від високих вершин, скотився в долину гірської річки, перегородив її і створив природну греблю, за якою виникло мальовниче озеро Гейгель.

Цьому землетрусу присвятив один із своїх творів азербайджанський поет Нізамі. Можна згадати землетрус, який зруйнував м. Шемаху в 1859 р. Часто бувають землетруси в районі Тбілісі і в інших областях Закавказзя.



Ельбрус. Біля підніжжя йдуть альпіністи.

Гори Кавказу значно бідніші на руди, ніж Урал. Зокрема, на Кавказі майже немає рудних родовищ, які утворюються на великих глибинах при високій температурі, як, наприклад, руди магнітного залізняку, нікелю, платини, рідкісного металу вольфраму та ін. На Кавказі є головним чином жильні руди кольорових металів, що виникли при нижчій температурі і частково вже далеко від магматичних осередків. Вони утворились у тріщинах, в які проникали рудоносні розчини. Це свинцево-цинкові і ртутні родовища, жили, де є золото, молібден і вісмут.

Відмінність між рудними багатствами Уралу і Кавказу пояснюється тим, що давній Урал більше розмитий, ніж молодий Кавказ. Кавказ береже свої скарби в глибоких надрах.

На Уралі розкриті магматичні осередки, які колись були на великій глибині під покривом осадових порід. На Кавказі покрив з осадових порід майже скрізь зберігся. Кавказ не вичерпав своїх внутрішніх сил. Ще зовсім недавно вирувала лава в жерлах його вулканів. Численні мінеральні джерела Кавказу говорять про те, що тут не охололи ще глибинні осередки магми. Тривають також землетруси — відгомони горотворення.

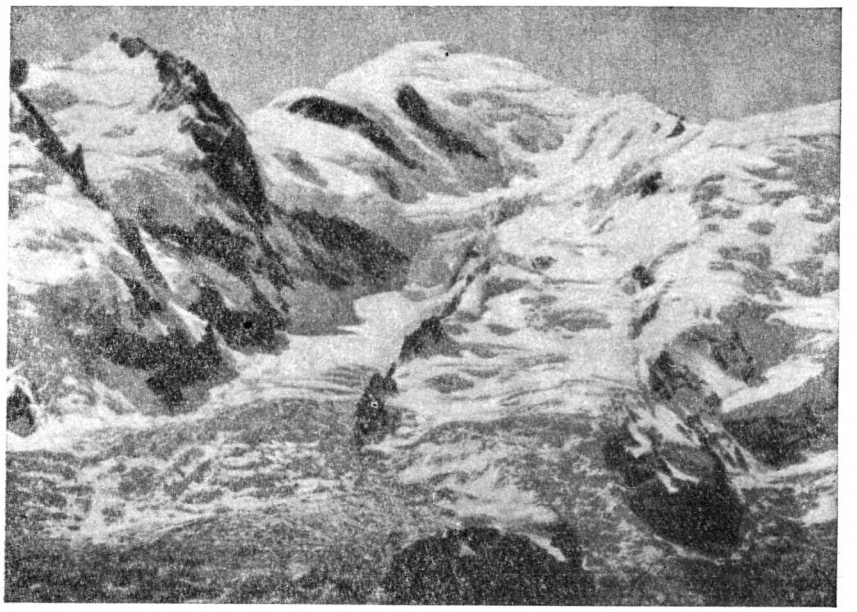
Хібіни.

Тянь-Шань (північні відроги Терскей-Алатау).

Після того як закінчуються процеси утворення складок, заглиблення розплавленої магми і підняття гір, геосинкліналь змінює свої властивості. Вона перетворюється в стійкішу, жорсткішу ділянку земної кори, де складки вже не можуть утворитись, і при натиску горотворних сил породи розколюються, виникають тріщини, по яких переміщуються шари. Так утворюються скиди, грабени і горсти (див. стор. 171). Не здатні зминатись ділянки Землі дістали назву платформ. На них спостерігаються повільні підняття обширних просторів, які змінюються повільними опусканнями. З цими коливаннями зв'язані наступи і відступи моря.

Розколи на платформах, що приводять до формування скидів, відбуваються під дією тиску, що йде з геосинкліналей. У деяких випадках переміщення по скидах досягає великого розмаху: виникають горсти, підняті на висоту до 3—4 *км*. Скидові розриви й тепер ще спостерігаються в багатьох горах на Землі. У горах Середньої Азії, наприклад, часто бувають землетруси, зв'язані з розривами пластів землі та утворенням скидів.

Горстові підняття приводять до того, що на місці платформ утворюються гірські хребти. Такі гори називаються брилови ми (відродженими), на відміну від складчастих (Урал, Кавказ, Альпи), де головну роль відіграють складчасті процеси.



Монблан.

Типовим краєм брилових гір є Куньлунь, Тянь-Шань, Алтай, Саяни, гори Прибайкалля, де вже в палеозойській ері відбувались розколи. У третинному періоді тут виникли височини — горсти і долини — грабени. У найбільшому грабені лежить озеро Байкал. У Прибайкаллі ще в четвертинному періоді були діючі вулкани.

Процеси горотворення, вулканізму і землетрусів тісно зв'язані між собою. Вони зумовлені дією внутрішніх сил Землі, джерело яких перебуває глибоко в її надрах. Прояв цих сил приводить до утворення на Землі височин — тектоо-

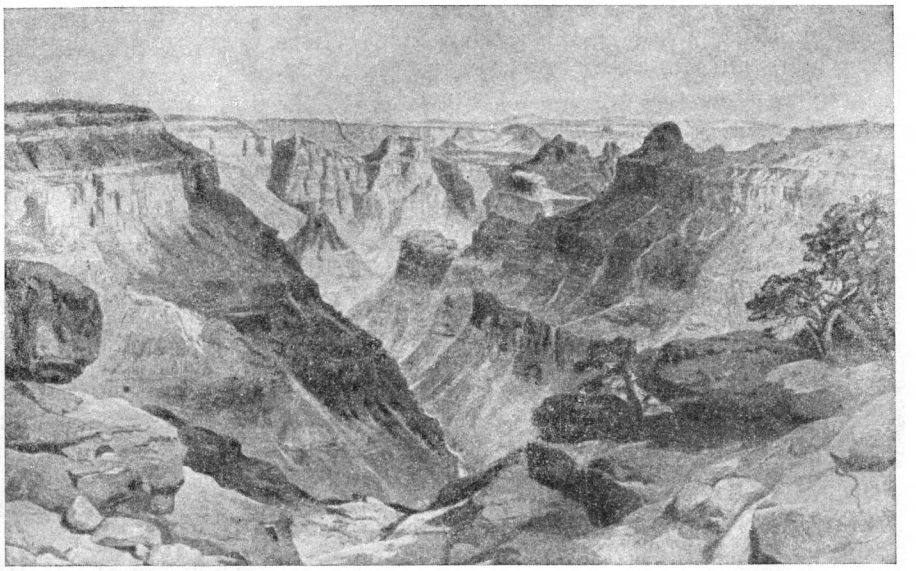
Земноводні:
1—5. Стегоцефали
Плазуни:
6. Дрібний котилозавр
7. Парейазавр
8. Хижий диноцефал
9. Рослиноїдний диноцефал
10. Дицинодонт
11. Звірозубий плазун
Рослини:
12. Птеридосперми і деревовидні папороті
13. Сигілярія
14—15. Членистостеблі
16. Кордаїти
17. Глоссоптерис
18. Хвойні

ФАУНА І ФЛОРА КІНЦЯ ПАЛЕОЗОЮ

нічних і вулканічних гір.

На поверхні Землі точиться постійна боротьба зовнішніх і внутрішніх сил: старі гори руйнуються, але немов на зміну їм піднімаються в інших ділянках земної поверхні нові, молоді гори.

Що ж є причиною прояву або дії внутрішніх сил Землі? Яке джерело того тиску, що робить складки на земній корі, розриває її при утворенні насувів та розколів, створює скидові тріщини або піднімає могутні гірські хребти на поверхні нашої планети? Чим зумовлені повільні вікові коливання суші, наступи і відступи моря?



Каньйон ріки Колорадо.

Для пояснення цих явищ вчені висунули ряд науково обгрунтованих припущень, або гіпотез. З деякими з них ви можете ознайомитись у статті «Гіпотези про походження гір» (див. стор. 243).

Ви побачите, як багато важливих питань про будову та історію Землі вже розв'язали геологи. Але не менша робота потрібна для того, щоб відповісти на всі питання, які ставить перед нами природа.

ЯК РОЗВИВАЛОСЬ ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

ПЕРШІ ЖИВІ ІСТОТИ НА НАШІЙ ПЛАНЕТІ

Чи замислювались ви над тим, звідки взялися на Землі всі сучасні тварини і рослини, звідки появились люди і чи завжди тваринний і рослинний світ був таким, яким ми його бачимо тепер?

Виявляється, всього кілька тисяч років тому на місці, де стоїть Москва, простягалась похмура тундра з рідкими чагарниками, низькорослою травою та торфовими болотами. Клімат був суворий, бо з півночі насувались величезні поля льоду, примушуючи тварин і рослини відступати на південь — до тепла. Жили в цій тундрі схожі на слонів мамонти з густою, довгою шерстю і шерстисті носороги, а також північні олені, песці та інші тварини, які водяться тепер тільки в полярних країнах. На мамонтів і оленів полювали первісні люди. Щоб зловити мамонтів, влаштовували пастки — глибокі ями, які прикривали зверху гілками й травою, щоб зробити їх непомітними. Мамонта, який провалився в яму, добивали списами і камінням.

Ще дивовижніша картина постала б перед нашими очима, коли б ми вирушили в подорож у глиб історії приблизно 10 млн. років тому. Наприклад, Західний Сибір тоді дуже скидався на сучасну Африку. Там, де тече ріка Іртиш, по саванах — високих заростях степових трав і чагарників з поодинокими деревами — бродили степові носороги, в яких зовсім не було рогів, коні з трьома пальцями на кожній нозі, мастодонти, схожі на слонів, але з чотирма бивнями замість двох, і інші тварини, яких тепер немає. Ми побачили б і знайомих тварин — жителів Африки: жирафа і страусів.

Як бачите, чим далі ми проникаємо в глиб історії Землі, тим менш звичайними стають тварини, які населяли тоді нашу планету.

Але як же про все це дізнались? Адже ці дивовижні тварини жили багато мільйонів років тому, коли на земній кулі не було людини.

Може, все те, про що тут розповідається,— просто казка? Ні, це не казка. Виявляється, можна прочитати і про те, що було мільйони років тому. Але в якій же книжці написано про це? Такою книжкою є сама Земля, її верхня кам'яна оболонка, що називається земною корою. У шарах земної кори трапляються скам'янілі кістяки або окремі кістки давніх вимерлих тварин. Ці рештки тварин поховались, коли відкладались самі шари. Чим глибші шари, тим вони давніші і тим більш незвичайні тварини, кістяки яких в них знаходять.

«Читаючи» сторінку за сторінкою кам'яний літопис тобто досліджуючи шари земної кори і рештки в них вимерлих тварин і рослин, учені з'ясували історію тваринного і рослинного світу від найдавніших часів і по наших днів. Наука, яка вивчає вимерлі, або викопні, тварини й рослини, називається палеонтологією, що означає «наука про давні істоти».

Коли ж виникли на Землі найдавніші істоти? До найдавніших організмів, відомих у викопному стані, належать бактерії. Їх залишки знайдено і в шарах, з часу утворення яких до наших днів минуло не менш як 2 000 000 000 років. Бактерії, або мікроби, дуже поширені й тепер. Багатьох з них ми знаємо як збудників різних хвороб. Бактерії належать до рослин; тіло їх мікроскопічно мале: воно складається тільки з однієї клітинки.

Та й бактерії не найперша форма життя на Землі: вони вже досить складні організми. Який же вигляд мали їх предки — найперші істоти, що дали початок життю на Землі,— і звідки взялися вони? На це відповісти далеко важче, бо ніяких решток найперших істот у викопному стані не збереглось. Значить, можна тільки припускати, як саме виникли та який мали вигляд перші істоти на Землі.

Процес виникнення живих істот з неживої природи був складним і довгим; він тривав багато мільйонів років. Це був один з найважливіших етапів в історії нашої планети. Про нього ви зможете прочитати в томі 4 «ДЕ».

ПЕРШІ РОСЛИНИ І ТВАРИНИ — МЕШКАНЦІ МОРЯ

Усю історію рослинного і тваринного світу, тісно зв'язану з історією земної кори, учені поділили на п'ять великих етапів, які називаються ерами (див. таблицю на стор. 161).

Найдавніша ера — архейська, або археозойська[1], що означає «ера найдавнішого життя». Вже за тих далеких часів на Землі була суша, де відбувались процеси вивітрювання і розмивання гірських порід, і існували водні басейни, де відкладалися продукти руйнування гірських порід у вигляді осадів. Численність вивержених порід в архейських відкладах, їх велике зім'яття і часте незгідне залягання (див. рис. на стор. 171) свідчать, що ця ера була часом потужного прояву внутрішніх сил Землі. На земній поверхні відбувались грандіозні виливи лав, неодноразові горотворні процеси зминали в складки земну кору, в неї заглиблювалась глибинна магма. У геологічних відкладах, які утворилися в цю еру, відомі лише сумнівні залишки організмів, збереженість яких не дає змоги точно впевнитися в їх належності до рослин. Однак учені гадають, що архейські вапняки мають органічне походження: вони утворилися в результаті життєдіяльності бактерій, які виділяли вапно.

Такі бактерії є й тепер у деяких морях.

За архейською ерою йде протерозойська[2], що означає — «ера первинного життя». Вона характеризується не тільки існуванням рослин (бактерій, водоростей і грибів), а й появою перших тварин — безхребетних. Серед них були одноклітинні організми, як, наприклад, радіолярії, або променевики,— мікроскопічно малі мешканці морських вод з надзвичайно красивими крем'яними черепашками у вигляді ковпачків або кульок, від яких відходили крем'яні голки-промені.

А більшість протерозойських безхребетних належить до тварин багатоклітинних, тіло яких складалося з багатьох клітин. Сюди належать губки, плечоногі, молюски, ракоскорпіони. Усі ці тварини, особливо дві останні групи,— вже складно побудовані організми. Наприкінці протерозою

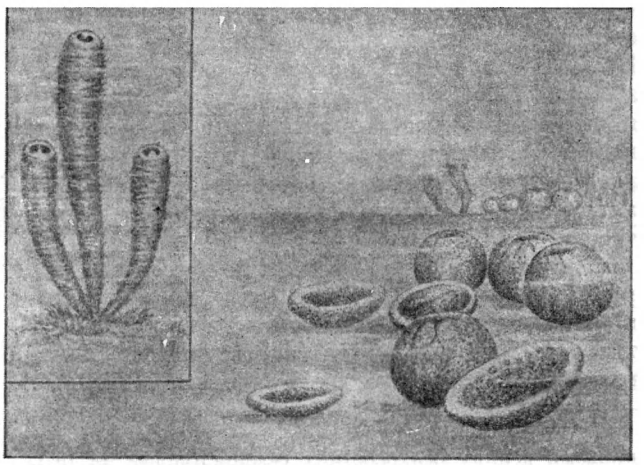
[1] Від грецьких слів «архайос (археос)» — давній, «зое» — життя.

[2] Від грецьких слів «протерос» — перший, «зое» — життя.

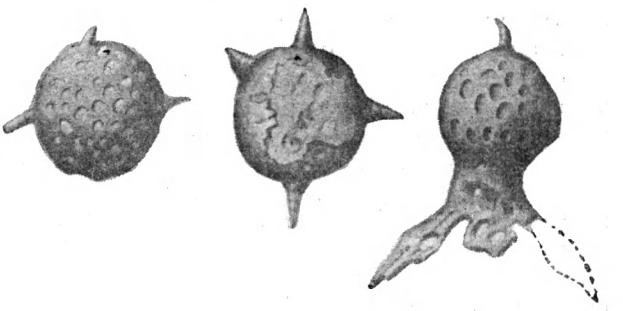
з'явились представники всіх типів безхребетних тварин.

Перш ніж ознайомитись з тваринами і рослинами наступних ер, треба знати, як виникли тварини.

Тепер існує група одноклітинних організмів — джгутикових. Як і всі одноклітинні, або найпростіші, тварини, джгутикові дуже малі, мікроскопічних розмірів. Їх типовий представник — зелена евглена,— як і тварина, має здатність пересуватись, але живиться на світлі, як рослина, вуглецем і водою; якщо ж перевести евглену в темряву, то вона втрачає зелене забарвлення, стає безбарвною і живиться, як і інші найдрібніші тварини, тобто через всмоктування або обволікання частинок їжі. Таке змішання ознак в одного організму вказує на спільність походження тварин і рослин. Групу джгутикових досі ботаніки залічують до рослин, а зоологи — до тварин. Ця група, мабуть, дуже давня і разом з тим дуже близька до предкової групи тварин. Джгутикові повинні були існувати вже тоді, коли почався поділ живої природи на дві вітки — рослинну і тваринну. З того часу рослини почали розвиватись одним шляхом, а тварини — іншим. Рослини пристосувались до нерухомого способу життя і своєрідного живлення, засвоюючи мінеральні речовини, розчинені в грунті, і вуглець, який вони дістають під дією сонячного світла з повітря. Тварини (за рідкими винятками) пристосувались до рухомого способу життя і живлення органічною їжею — рослинами або тваринами.



Губки — давні і найпростіше побудовані багатоклітинні тварини.



Серед давніх одноклітинних були радіолярії з красивими крем'яними черепашками.

Протягом протерозойської ери тривала безперервна зміна вигляду земної кори: рельєф земної поверхні, розподіл суші і моря, клімат. Не раз потужні горотворні процеси створювали високі гірські пасма, що потім повільно руйнувалися до самого низу. По тріщинах земної кори виливались потоки лав, які утворили на поверхні товсті покриви. Тільки наймолодші відклади кінця протерозойської ери залягають де-не-де майже горизонтально.

Після протерозойської ери настала палеозойська[1] ера. Її поділяють на п'ять періодів кембрійський (кембрій)[2], силурійський (силур), девонський (девон), кам'яновугільний (карбон) і пермський (перм).

У кембрійський період тварини і рослини були головним чином мешканцями морів.

До останнього часу вважалось, що перші наземні рослини і тварини виникли не раніш як у силурі, поки радянський палеоботанік С. М. Наумова в 1949 р. не виявила в кембрійських відкладах Ленінградської обл. спори наземних рослин — мохів, хвощів та папоротей. Такі спори було знайдено і в кембрійських відкладах Швеції. У 1953 р. Н. Є. Чернишова знайшла в кембрії Сибіру пагін досить великої рослини, близької до плаунових.

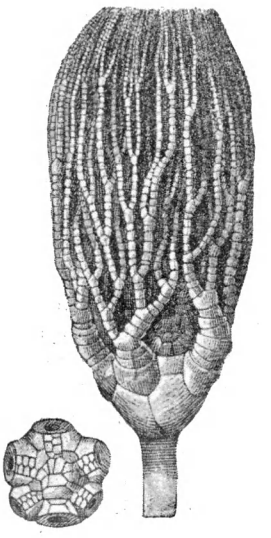
Кембрійські моря займали значно більшу площу, ніж сучасні. Наприклад, майже вся Європа була морським дном. Мешканці кембрійських морів населяли переважно мілководні, узбережні зони. Тут в достатку росли синьозелені і бурі водорості, які були кормом для різних тварин. Усі тварини того часу — безхребетні. Деякі з них вели нерухомий спосіб

[1] Від грецьких слів «палайос (палеос)» — давній, «зоє» — життя.

[2] Назви періодів здебільшого зв'язані з місцевостями, де відклади цих періодів було вперше вивчено. Кембрій — стара назва Уелсу (Західна Англія).

життя, як, наприклад, губки і схожі на них, але складніші організми — археоціати, вапняний скелет яких мав вигляд кубків або бокалів. Вони приростали до дна, утворюючи величезні скупчення, іноді подібні до рифів. Археоціати відомі тільки з відкладів кембрійського періоду. Багато їх решток знаходять у Сибіру — в Якутії.

Губки дожили до нашого часу. Це найдавніші і просто побудовані багатоклітинні тварини. Скелет губок складається з кремнезему або вапна і часто має форму кубка чи бокала. Цікаво, що стінки такого бокала вистелені зсередини так званими джгутиково-комірцевими клітинами, які дуже нагадують своєю будовою джгутикових одноклітинних, від яких, мабуть, і виникли губки. Джгутики таких клітин роблять безперервні миготливі (дрібні коливальні) рухи і тим самим спричинюють приплив води крізь отвори, якими пронизані стінки губки. З водою потрапляють дрібнісінькі частинки корму, які захоплюють і перетравлюють джгутиково-комірцеві клітини губки.



Морська лілія.

Другу групу нерухомих тварин становили так звані морські пузирі та морські лілії, які належать до голкошкірих. Це вже високоорганізовані тварини, що відрізняються від усіх інших своєю п'ятипроменевою симетрією: їх тіла складаються з п'яти однаково побудованих частин. З сучасних тварин до голкошкірих належать морські лілії, морські зірки, морські їжаки.

З інших мешканців кембрійського моря треба згадати молюсків — пластинчатозяброві х, черевоногих і головоногих, крім того, плечоногих, або брахіопод, і трилобітів. Сучасні пластинчатозяброві, або двостулки, населяють не тільки моря, а й прісноводні басейни. Зовні схожі на них плечоногі, тіло яких також міститься в черепашці з двох стулок, проте на відміну від симетричних стулок у пластинчатозябрових молюсків стулки плечоногих, які розташовані на спинному і черевному боці тварини, несиметричні — одна більша за другу. У пластинчатозябрових молюсків під час їх руху (за допомогою «ноги») стулки займають вертикальне положення. У плечоногих, які нерухомо лежать на дні або частіше бувають прикріплені до дна за допомогою особливої «ніжки», нижня черевна стулка дуже опукла, а верхня (спинна) — сплощена. Отже, схожість тут зовнішня, та й то на перший погляд. Тіло молюсків і плечоногих, яке міститься в тих і в других всередині черепашки, побудоване інакше. Молюски вище організовані тварини, ніж плечоногі. Плечоногі становлять тепер в основному вимерлу групу, яка була дуже поширена в палеозої, тоді як пластинчатозяброві молюски, незважаючи на давність свого виникнення, найбільшого розквіту досягли в сучасну еру — кайнозойську.

Черевоногі молюски характеризуються спірально закрученою черепашкою. З сучасних представників до них належить усім відомий виноградний слимак. Давні черевоногі були тільки морськими мешканцями, і тільки згодом частина з них переселилась у прісні водойми, а частина перетворилась навіть у сухопутних тварин, у зв'язку з чим і зяброве дихання, яке характерне для всіх молюсків, у них замінилося легеневим. Як і пластинчатозяброві, черевоногі молюски найбільше поширились у кайнозойську еру.

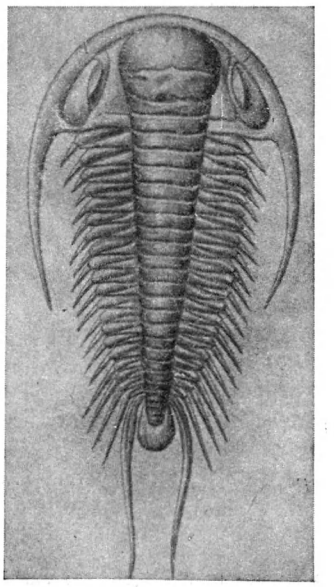
Головоногі молюски тепер майже вимерли. З сучасних тварин до них належать такі потвори, як спрути — морські хижаки з десятиметровими щупальцями, а також каракатиці, кальмари і деякі інші. Кембрійські головоногі молюски були дуже дрібними тваринами, які мали досить довгу паличковидну черепашку, поділену всередині перегородками на камери. В останній камері містилась сама тварина, а інші були наповнені газом. Регулюючи кількість газу, тварина змінювала свою питому вагу і могла занурюватись у глибину водойми або зринати. Згодом у більшості головоногих молюсків черепашка стала спірально закрученою.

Дуже цікавими тваринами кембрійських морів були трилобіти. Вони родичі ракоподібних і належать до типу членистоногих тварин. Тіло трилобітів, як і сучасних раків, містилось у панцирі, що складався з хітину[1].

[1] *Хітин* — густа речовина, яка виділяється покривами деяких безхребетних (членистоногих та ін.); хітин являє собою захисний утвір. Часто в хітиновому покриві відкладається вапно, і тоді він стає особливо міцним.

Зовні деякі з трилобітів нагадували сучасних ракоподібних—добре всім відомих мокриць, мешканців вологих місць, льохів і підвалів.

Тіло трилобіта подовжніми швами, або борознами, поділяється на три частини. Звідси і їх назва — трилобіти, тобто «тричастинні». Упоперек тіло трилобітів поділилось на сегменти, або членики, яких було до 40 і більше. Злиті сегменти передньої частини тіла утворювали головний відділ, а сегменти задньої частини — хвостовий відділ. Від середнього, або тулубового, відділу збоку від кожного сегмента відходили своєрідно побудовані ніжки. Кожна з них мала два паростки: зовнішній — для плавання і внутрішній — для ходіння по дну. Кінцівки головного відділу трилобіта перетворились в органи для захоплювання і подрібнювання корму. Більшість трилобітів були тваринами, які повзали по дну, хоч деякі і плавали. Живились трилобіти дрібними тваринами, рослинами і різними органічними рештками. Звичайний розмір їх 8—10 *см*, але деякі форми досягали метра. Трилобіти — вимерла група тварин. Вони існували тільки в палеозої.



Тіло трилобітів, як у раків, містилось у хітиновому панцирі; деякі з них нагадували сучасних мокриць.

З нашого ознайомлення з фауною кембрійського моря видно, що вже тоді— півмільярда років тому — життя досягало великої різноманітності і високої організації.

ПЕРШІ НАЗЕМНІ ТВАРИНИ

На початку наступного, силурійського періоду (або силуру[1]) моря і континенти зберегли приблизно ті самі обриси, що й у кембрії. Морська фауна силуру нагадує кембрійську, але з'являються[2] і нові групи безхребетних — корали, граптоліти[3], черви, моховатки, морські їжаки.

Корали належать до типу так званих кишечнопорожнинних тварин — виключно водних організмів. Крім коралів, до кишечнопорожнинних належать також усі відомі медузи і гідри. Корали існують і тепер; багато з них є рифоутворювачами в тропічній смузі Тихого і Індійського океанів. Будова коралів дуже проста. Як і в інших кишечнопорожнинних, їх тіло має лише одну внутрішню порожнину — кишечник (саме через те вони мають назву кишечнопорожнинних). Зовні тіло корала, або, правильніше, коралового поліпа, — це мішечок, що відкривається назовні (зверху) ротовим отвором, навколо якого є віночок щупалець, які допомагають захоплювати здобич. Живляться коралові поліпи дрібними плаваючими організмами — планктоном. Через ротовий отвір викидаються і відпрацьовані продукти. Тіло коралового поліпа міститься в скелеті — вапняній камері, яку виділяють стінки поліпа. У міру надбудовування камери вгору піднімається дедалі вище і сам поліп, нижня стінка якого (дно мішечка) відкладає горизонтальні перегородки, що називаються днищами.

Коралові поліпи можуть жити поодинці (поодинокі корали) або групами (колоніальні корали). Поодинокі корали досягають розмірів 15—20 *см*. Як і колоніальні корали, вони нерухомо приростають до дна. Усі корали — мешканці моря. Вони живуть у теплій прозорій воді, багатій на кисень і добре освітленій, тобто не глибше як 45 *м*.

Своєрідні тварини — граптоліти. Вони відомі з силурійських відкладів — так званих граптолітових сланців, поширених у нас під Ленінградом, у Прибалтиці і в Середній Азії, а в Західній Європі — в Англії, Німеччині і Швеції. Граптоліти нагадують віялоподібні нитки або прутики, по боках яких є численні дрібнісінькі комірки поліпів. Угорі, там, де кінці ниток сходились, за життя граптолітів був повітроносний дзвін, відбитки якого збереглись. Мабуть, граптоліти були або пасивно плаваючими тваринами, або деякі з них стелились по дну. Граптолітів відносять до півхордових.

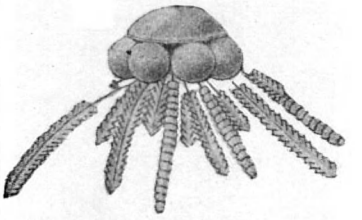
[1] *Силур* — період, назва якого походить від стародавнього племені силурів (жителів Уелсу).

[2] Слід мати на увазі, що під словом «з'являються» ми матимемо на увазі перше знаходження тих чи інших тварин у викопному стані. Фактично багато цих тварин виникло раніше.

[3] Слово «граптоліти» означає «списані камені»: сланці, на яких є відбитки цих тварин, немов укриті якимись стародавніми загадковими написами.

Моховатки, як показує назва, скоріше нагадують рослини (мохи), ніж тварин. Вони утворюють колонії, які мають вигляд шкірочок і нальотів на підводному камінні або гілочок схожих на корали. Як і поліпи коралів, кожна моховатка сидить в окремій комірці, але вони — більш високоорганізовані тварини, ніж корали. Їх кишково-травний тракт має не тільки вхідний, а й вихідний отвір; крім того, у них є вже справжня нервова система (а в коралів — лише окремі нервові клітини).

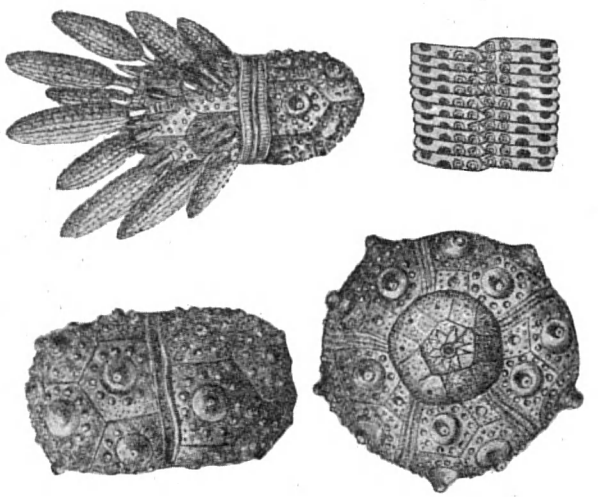
Сланці з відбитками граптолітів.



Граптоліт в повітроносним дзвоном угорі.

Ротовий отвір моховатки, як і в коралів, оточений віночком щупалець, рух яких заганяє в рот корм — одноклітинні водорості й одноклітинних тварин. Цікаво, що деякі особини моховаток мають вигляд джгутиків, які безперервно вібрують, або птапиних голівок, які постійно хляпають своїм «дзьобом». Це «сторожа», яка відганяє ворогів моховаток, і разом з тим очисники від мулу. Моховатки ніколи не були особливо численною групою але деякі їх ряди дожили до наших часів.

Морські їжаки нагадують своїми голками справжніх їжаків — сухопутних ссавців, проте ніякого споріднення з ними не мають. Тіло морського їжака міститься в кулястому вапняному панцирі, що складається з численних пластинок. Ці пластинки утворюють поля, одні з яких мають на собі голки, а інші — найдрібніші отвори. Крізь такі отвори висуваються сотні мікроскопічних ніжок у вигляді м'яких трубочок, наповнених водою. Нагнітається в них вода по особливих каналах усередині тіла тварин. За допомогою своїх ніжок їжак повільно пересувається або щільно присмоктується до якого-небудь підводного предмета. У русі морського їжака беруть участь також голки, які служать одночасно і для захисту. Деякі морські їжаки досягали розмірів голови дитини. Сучасні морські їжаки трапляються у нас у північних і східних морях. Вони живляться водоростями і дрібнісінькими тваринами.



Морський їжак цидарис.

У другій половині силуру відбувались потужні горотворні рухи — так звана каледонська складчастість.

У межах теперішнього Скандінавського п-ва, у Шотландії та Ірландії, на місці Шпіцбергену і по східному узбережжю Гренландії — там, де протягом багатьох мільйонів років існувало море,— піднялись високі гірські пасма. Рештки їх — Скандінавські гори, Грампіанські гори Шотландії зім'яті в складки шари по східній окраїні Гренландії та острова Шпіцбергену. Піднялась гориста суша в межах теперішнього Казахстану і північних хребтів Тянь-Шаню, утворилась Саяно-Байкальська гірська дуга.

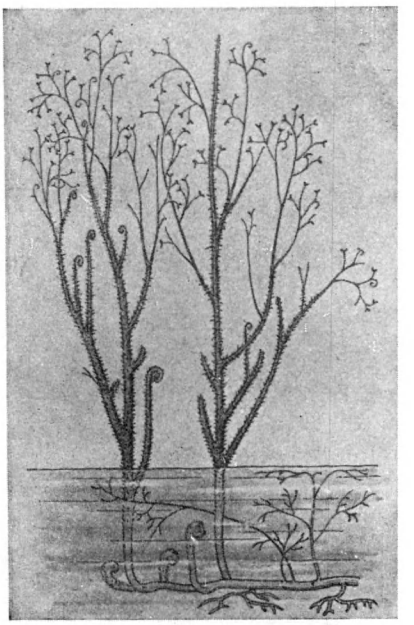
Каледонське горотворення привело до піднятя материків та поступового обміління морів, виникнення численних дрібних заток та лагун. Одні з них опріснювались ріками, що в них впадали, в інших підвищувалась солоність води і навіть відкладались солі.

Більшість морських тварин не переносить зміни солоності морської води ні в той, ні в той бік. Тому до життя в лагунах пристосувалось лише небагато з мешканців силурійського моря.

«Обмеженість у житлоплощі» морського населення була поштовхом до освоєння суші як нової додаткової області життя. Саме з відмираючих ділянок моря — лагун — і почався вихід на сушу спочатку рослин, а потім тварин, які живились цими рослинами, і вже пізніше вийшли на сушу хижі тварини.

У силурі наземні рослини — п с и л о ф і т и[1] — вже були поширені; мабуть, вони походили від водоростей, найскоріше від зелених. Їхнє тіло, подібно до водоростей, не розчленоване ще на основні органи — коріння, стебло і листя. Замість коренів у них були своєрідні підземні одноклітинні вирости — ризоїди. Найбільш примітивні з псилофітів не мали навіть стебла, який ніс би справжнє листя. Розмножувались псилофіти спорами, які містились у спорангіях — на кінцях гілок. Деякі псилофіти були болотними рослинами, тоді як інші — справжніми сухопутними мешканцями, досягаючи часом значних розмірів — 3 *м* заввишки. Псилофіти проіснували недовго. Вони відомі ще в наступному періоді — девоні. Багато палеоботаніків відносять до них ще два роди сучасних тропічних рослин — псилотів. У силурі ж поширена й інша група рослин (яка теж, мабуть, пішла від водоростей) — г р и б и, які, можливо, спочатку були водними формами, а потім вийшли на сушу. У цьому ж періоді існували і вище організовані рослини — папоротеподібні, зокрема примітивні плаунові. В силурі з'являються с к о р п і о н и. Ці найдавніші скорпіони, можливо, були ще не наземними тваринами, а населяли спочатку різні водойми — ріки, озера і болота.

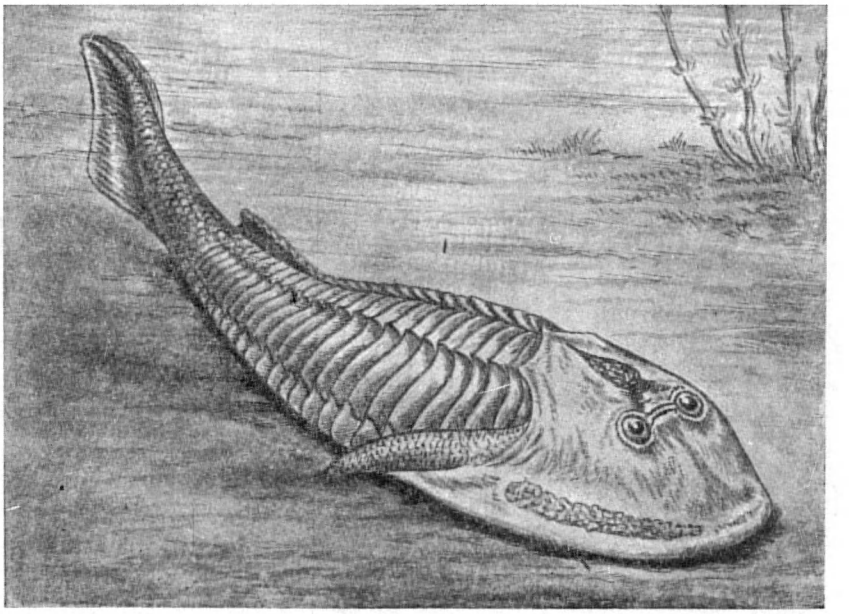
І ще одна цікава подія сталась у силурі: з'явились перші х р е б е т н і — так звані п а н ц и р н і р и б и, рештки яких зустрічаються разом з велетенськими р а к о с к о р п і о н а м и. І ті і другі були мешканцями лагун — заток моря, що відокремлювались. Мабуть, панцирні риби, а слідом за ними і їх вороги — велетенські ракоскорпіони піднімались по дельтах рік угору, поступово освоюючи прісні води.



Псилофіти були наземними рослинами, які не мали ще справжнього коріння і листя.

Досі є дві точки зору на питання, де з'явились перші хребетні — в морях чи ріках. У морській воді багато розчиненого кальцію, а кальцій входить до складу кісток тварин; крім того, у морі живуть усі нижчі хребетні. Це переконливі докази на користь морського походження хребетних. Але прихильники теорії прісноводного походження вважають, що кістяк мав з'явитись у ріках, де є течія: кістяк — стійка опора тіла, необхідна для протидії рухові води.

Безперечно одне: предки хребетних жили в зоні, де прісні води межували з морськими, там і знаходять їх рештки. Відомі нам найдавніші хребетні вже мали кісткову тканину — панцир, а внутрішній скелет їх був, мабуть, хрящовим (у викопному стані він не зберігається). Заміна хряща кісткою, його скостеніння відбувається значно пізніше — у ви-



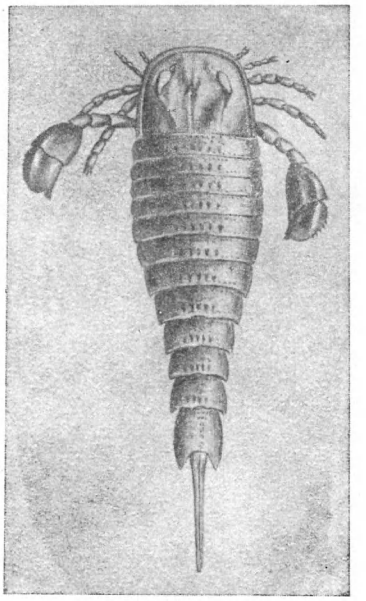
Панцирна риба.

[1] *Псилофіти* — по-грецькому «лисі (або голі, тобто позбавлені листя) рослини».

щих груп риб. Давні панцирні риби по суті не були ще справжніми рибами, вони лише мали рибоподібну форму. Ця форма тіла — у вигляді торпеди — взагалі характерна для активно плаваючих водяних тварин, бо вона забезпечує найменшу протидію під час руху в воді.

Давні панцирні риби належать до групи так званих безщелепних, яким протиставляють щелепоротих, що включають решту класів хребетних.

Панцирні безщелепні відомі тільки з силуру і девону, але деякі безщелепні дожили до наших часів — це міноги і міксини. Всі безщелепні, як показує їх назва, не мали щелеп, а також парних кінцівок (плавців) і звичайно у них була лише одна ніздря. Давні безщелепні, рештки яких часто знаходять у нас в Прибалтиці, на Єнісеї і в басейні Колими, а також у Північній Європі і Північній Америці, були досить великими тваринами — завдовжки півметра і більше. Їх тіло в передній частині майже цілком (крім хвоста) було одягнене в панцир, що складався з кісткових пластин і лусочок. Ця броня захищала їх від небезпечних переслідувачів — ракоскорпіонів, які досягали 3 *м* завдовжки.



Велетенський ракоскорпіон.

Панцирні безщелепні живились планктоном. Мабуть, деякі з них були донними формами. Копирсаючись своїм рилом у мулі, вони скаламучували його і виловлювали дрібні органічні рештки.

Таким чином, силур був періодом не тільки розквіту різних груп безхребетних, а й часом виникнення перших хребетних. У силурі ж почалось розселення наземних рослин і вихід перших тварин на сушу.

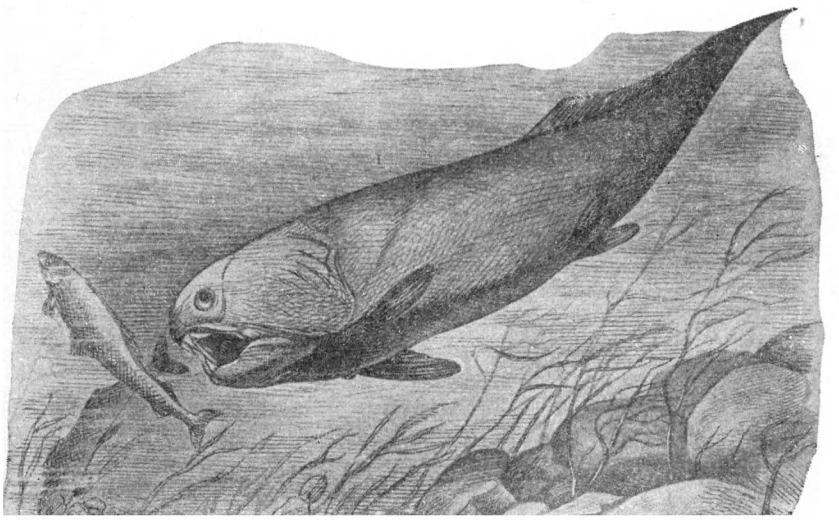
«ВІК РИБ»

У наступному, девонському, періоді, або девоні[1], морських басейнів стає ще менше, а суша більшає; розширюються і області континентального клімату.

На самому початку девону були зони і з холодним кліматом. На це вказують морени з валунами, що збереглися в Південній Африці в давньодевонських відкладах.

Серед водяних тварин девонського періоду, крім безхребетних, дуже поширені риби. Недарма девон називають «віком риб». У девоні виникають усі основні їх групи. На початку періоду ще поширені панцирні безщелепні, але потім їм на зміну приходять справжні панцирні риби, акулоподібні за своїм виглядом. Це були чудові плавці з добре розвиненими плавцями, великі морські хижаки, як, наприклад, диніхтис, який досягав 9 *м* у довжину. Він був найстрашнішим морським розбійником. Передню частину тіла диніхтиса, як і в безщелепних, вкривав панцир, але головний щит мав рухоме зчленування з тулубним щитом. У роті були могутні своєрідні щелепи, які нагадували гострий дзьоб. Ці щелепи не несли ще справжніх зубів, але закінчувались гострими кістковими виростами, які зовні скидались на зуби. Ними тварина захоплювала здобич.

Поряд з акулоподібними панцирними рибами, такими



Диніхтис був найстрашнішим морським розбійником.

[1] *Девон* названо по графству Девоншір (Англія).

НАЙДАВНІШІ НАЗЕМНІ ХРЕБЕТНІ

1. Найдавніший стегоцефал — іхтіостега.

2. Тріасові стегоцефали були переважно мешканцями водойм.

3. Диметродон — представник пелікозаврів; відростки хребців у нього досягали майже метра завдовжки і утворювали гребінь з натягнутою перетинкою.

4. Своєрідні плазуни — дицинодонти — мали в роті лише два зуби — пару верхніх ікол.

5. Котласія належить до проміжної групи між земноводними і плазунами.

(Рисунки К. К. Флерова).

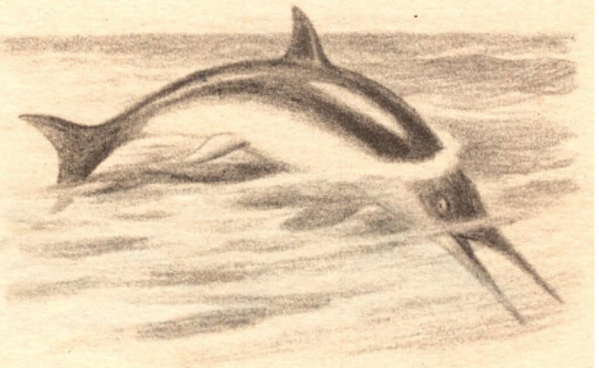
ХРЕБЕТНІ МЕЗОЗОЮ — МЕШКАНЦІ ПОВІТРЯ, СУШІ І МОРЯ.

1. Первоптах — археоптерикс.

2. Представник цинодонтів — циногнат — будовою тіла дуже схожий на ссавців.

3. Текодонти були невеликими тваринами і нагадували собою ящірку, але пересувалися на двох ногах.

4. Пліозавр належить до великих морських плазунів, які були дуже поширені в юрський період.



5. Рибоподібний плазун — іхтіозавр.

(Рисунки К. К. Флерова).

ДИНОЗАВРИ СЕРЕДИНИ МЕЗОЗОЮ

1. Стегозавр — величезний травоїдний ящір; два ряди трикутних кісткових шипів на спині захищали його від хижаків.

2. Пситакозавр — ящір, морда якого нагадувала дзьоб папуги.

3. Диплодок досягав 30 *м* завдовжки і був однією з найбільших тварин, що жили будь-коли на Землі.

(Рисунки К. К. Флерова).

ЛІТАЮЧИЙ ЯЩІР І ДИНОЗАВР КІНЦЯ МЕЗОЗОЮ.

1. Велетенський літаючий ящір — птеранодон, що досягав 8 *м* у розмаху крил.

2. Тиранозавр — велетенський двоногий хижий ящір (до 5 *м* заввишки) — був страшним ворогом усіх наземних тварин.

(Рисунки К. К. Флерова).

ДИНОЗАВРИ КІНЦЯ МЕЗОЗОЮ

1. Панцирний динозавр; його тіло зверху захищав кістковий панцир, який утворився з кісткових щитків, що зрослися, з короткими гострими шипами.

2. Рогатий динозавр — стиракозавр. Задня частина його черепа розрослася в кістковий «комір», по краях якого стирчали величезні гострі шипи.

(Рисунки К. К. Флерова).

ДАВНІ ССАВЦІ

1. Предок теперішніх хижих ссавців — креодонт.

2. Монголотерій — представник диноцерат — був схожий і на копитних і на хижаків.

3. Титанотерій — велика носорогоподібна тварина.

(Рисунки К. К. Флерова).

ГІПАРІОНОВА ФАУНА

1. Мастодонт — давня хоботна тварина — на відміну від слонів мав не тільки верхні, а й нижні бивні.

2. Гіпаріонова фауна. На передньому плані трипалі коні — гіпаріони, вдалині — жирафи.

(Рисунки К. К. Флерова).

ЧЕТВЕРТИННІ ТВАРИНИ

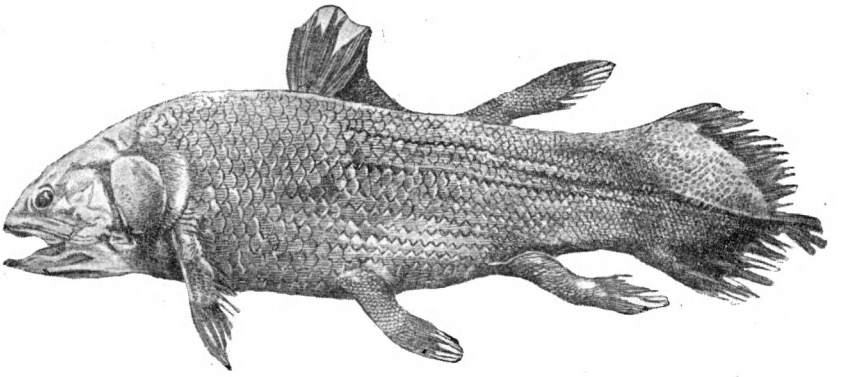
1. Величезна шаблезуба кішка — смілодон.

2. Еласмотерій — тварина з групи носорогів.

3. Волосатий носорог.

(Рисунки К. К. Флерова).

як диніхтис, у девоні були дуже поширені і справжні акули. Усі ці риби — хрящові; тоді ж з'явились і кісткові риби: двоякодихаючі кистепері і променепері. Кісткові риби були мешканцями узбережних ділянок моря — мабуть лагун, у відкладах яких знаходять їх рештки. Променепері найбільше поширилися в кайнозої, і більшість сучасних риб, як морських, так і прісноводних, належить до цієї групи. Що ж до двоякодихаючих і кистеперих риб, то вони дожили до теперішнього часу, мало змінившись, але їх залишилося всього кілька видів. До 1938 р. вважали, що кистепері вимерли в мезозої, поки несподівано біля берегів Південної Африки не спіймали сіткою кистеперу рибу, яку назвали латимерією. У 1952 р. недалеко від Малагаскару рибалка — житель одного з невеликих островів — спіймав на гачок другий екземпляр такої риби півтора метра завдовжки, а потім спіймали ще кілька штук. Девонські кистепері риби, як і сучасні, були великими хижаками



Латимерія — сучасний представник кистеперих риб, що вважались вимерлими.

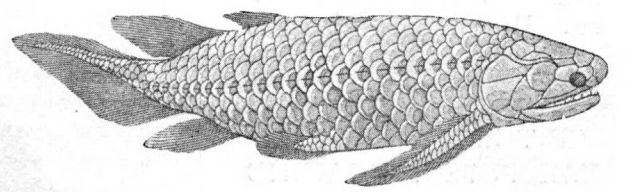
Кистепері риби — дуже важлива група в історії хребетних тварин. За будовою кістяка, особливо черепа і зубів, девонські кистепері дуже схожі на перших наземних хребетних — стегоцефалів, які від них і походять.

Двоякодихаючі риби, споріднені з кистеперими, цікаві тим, що, крім зябер, вони мають примітивну легеню — видозмінений плавальний міхур. Спостереження над життям сучасних двоякодихаючих риб, які живуть у водоймах Австралії, Південної Африки і Південної Америки, дають змогу зрозуміти, як виникли наземні хребетні. Двоякодихаючі риби живуть у ріках, що заражаються продуктами гниття в жаркий період року, або в пересихаючих водоймах — болотах; тому подвійне дихання є для них дуже корисним пристосуванням. Двоякодихаючі за допомогою своїх плавців не стільки плавають, скільки «ходять» або повзають по дну, вишукуючи здобич. Здатність «ходити», спираючись на довгі жорсткі плавці, мали, мабуть, і давні кистепері, які жили в подібних умовах. Під час пересихання одних водойм вони могли благополучно переселятися в інші, поблизу розташовані. Щоб здійснити таку подорож, потрібні були легеневе дихання і кінцівки, придатні для пересування по грунту. Так поступово в процесі пристосування до умов існування з плавця виробилась кінцівка наземної тварини, яка придатна для повзання по землі, а зяброве дихання замінилось легеневим. Це був дуже важливий крок в історії хребетних.

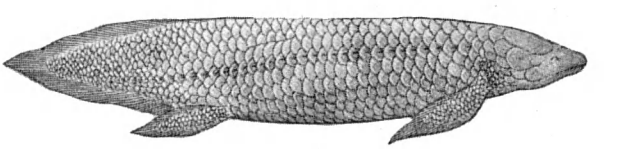
Перші наземні хребетні — стегоцефали — належать до земноводних, або амфібій.

«Стегоцефал» у перекладі на українську мову — «покритоголовий»: його череп утворював суцільну покрівлю, без скроневих западин, як і у вищих хребетних. Тепер стегоцефали вважаються збірною групою; більшість з них віднесено до ряду лабіринтодонтів, а решту — до інших рядів земноводних.

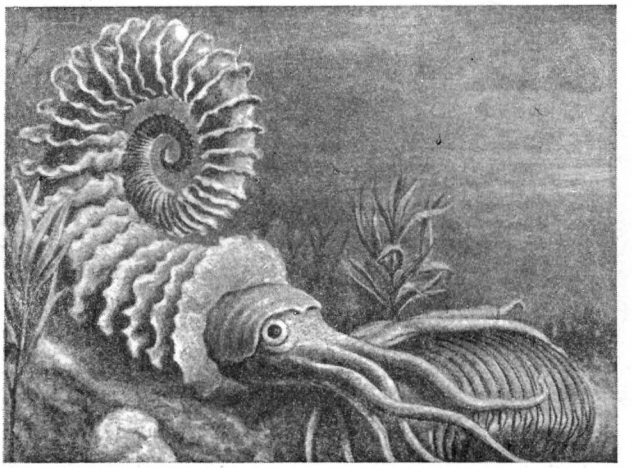
Як показує їх назва, це проміжна група між теперішніми водними і наземними тваринами. Земноводні пристосувались до життя на суші, але не втратили зв'язку і з водою.



Девонська кистепера риба.



Сучасна двоякодихаюча риба — цератодус.



Амоніт був небезпечним морським хижаком.

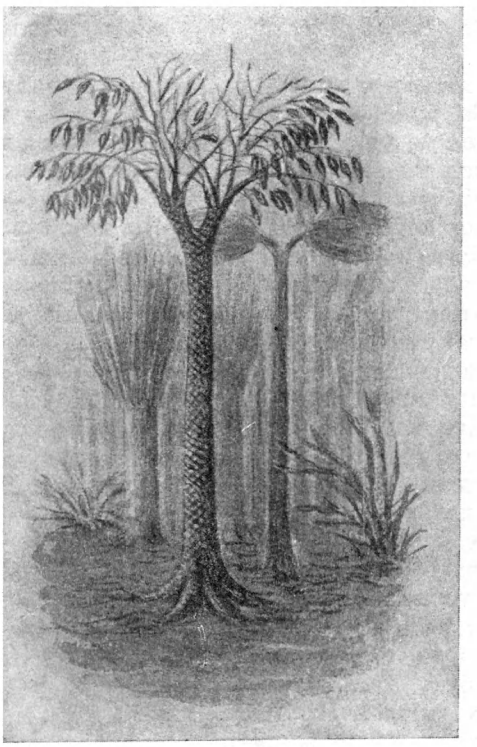
Стегоцефали протягом своєї історії не раз знову повертались до життя у воді, але вже мали ознаки будови наземних тварин.

Велике зменшення морських басейнів у девоні і великий розвиток суші дали поштовх не тільки до появи наземних хребетних — стегоцефалів, а й до буйного поширення наземної рослинності. Серед наземних рослин девону головна роль належить папоротеподібним, які поступово витиснули своїх попередників — псилофітів. На відміну від псилофітів, папоротеподібні мали вже добре розвинену кореневу систему і крону з листя. Крім власне папоротей, до цієї групи належать ще плауни і хвощі. Ці рослини особливо сильно розвинулись у наступному періоді.

СВІТ ВЕЛЕТЕНСЬКИХ ПАПОРОТЕЙ, ПЛАУНІВ І ХВОЩІВ

Після девонського періоду настав кам'яновугільний, або карбон[1]. У цей час почався новий наступ моря на сушу. Поверхня Землі вже значно згладилась після зруйнування каледонських гір, які виникли в другій половині силуру і в девоні. Теперішня територія Москви і прилеглих районів була затоплена морем. На північних материках утворились величезні заболочені низини. В умовах вологого жаркого клімату почала швидко розвиватись пишна наземна рослинність, а серед тварин — численні земноводні.

Якби ми з вами потрапили в ліс кам'яновугільного періоду, то навряд чи він справив би на нас приємне враження. Величезні дерева заввишки 30—40 *м* з розлогими кронами вгорі створювали вічну напівтемряву в лісі з непрохідними багнистими болотами, від яких ішли важкі випари. Скрізь панувала німа тиша, яка іноді порушувалась шльопанням по воді потвор, які нагадували зовнішнім виглядом саламандр, але в багато разів перевищували їх розмірами. Це відомі нам стегоцефали. Більшість з них проводила час у воді, де ловила рибу — основний їх корм. Стегоцефали, які виповзали на берег, ледве пересувалися, вигинаючись і волочачи тіло по землі. У деяких стегоцефалів на лапах між пальцями були плавальні перетинки. На голові й тілі, як у риб, були органи бокової лінії — своєрідні локатори (приймачі), за допомогою яких риби визначають положення твердих предметів під водою, наближаючись до них, а також напрям і силу течії.



У лісах карбонового періоду росли величезні плауни-лепідодендрони.

Іноді в повітрі носились величезні хижі бабки, які досягали 75 *см* в розмаху крил; величезні таргани, скорпіони, довгоногі павуки, споріднені з сучасними сінокосцями, повзали в напівтемряві лісових заростей.

Величезні дерева, що росли в лісах кам'яновугільного періоду, належали до плаунів, хвощів і папоротей. Усі ці рослини є папоротеподібними, що розмножуються спорами.

[1] Назву «карбон» цей період дістав через велику кількість у відкладах вугілля. Латинською мовою вугілля — «карбо».

Товсті стовбури плаунів (до 2 *м* у діаметрі) були вкриті листяними подушками з рубцями від опалого листя. Листя, що досягало іноді величезної довжини (до 1 *м*), зберігалось у верхній частині стовбура та його гілок.

У одного з плаунів листяні подушки мали вигляд ромбічних лусок, розташованих косими рядами. Ця рослина дістала назву л е п і д о д е н д р о н а, що означає «лускате дерево». Інший рід велетенських плаунів — с и г і л я р і я, що означає «печаткове дерево», характеризується тим, що рубці від опалого листя на його стовбурі нагадують сліди від печатки. Вони розміщувались прямими поздовжніми рядами. Сигілярії і лепідодендрони мали не справжнє коріння, а своєрідні підземні кореневі утвори лапчастої форми, які дістали назву стигмарій (від грецького слова «стигма» — рубець; йдеться про рубці від відпалих виростів, які виконували роль корінців).

Другу групу деревовидних рослин становили хвощовидні — к а л а м і т и, нижчі за плаунові приблизно в 2 рази. Від плаунів каламіти відрізнялись тим, що гілки у них відходили не рівномірно від стовбура, а лише в певних місцях — вузлах, які розділяли голі міжвузля. З кожного вузла (а в деяких видів лише з частини вузлів, з чергуванням) відходив немовби вінець, або «кільце», яке складалося з двох чи кількох гілок. У вузлах членистих гілок були кільця з листя, як у сучасних хвощів.

Деревовидні хвощі, плауни і папороті характерні для тропічного поясу того часу, що йшов з Північної Америки в Європу і далі в Середню Азію й Індонезію.

Поряд з деревовидними хвощами, плаунами і папоротями в лісах кам'яновугільного періоду було досить багато трав'янистих представників цих рослин. Крім того, були дуже поширені насінні папороті — деревовидні голонасінні[1] рослини з папоротеподібним листям, які з'явилися ще в девоні. Насінні папороті були першими з рослин, що мали насіння. З голонасінних треба відмітити ще к о р д а ї т и[2], які займали ніби проміжне місце між насінними папоротями і хвойними. Це були великі дерева з величезним, довгим листям, поширені як у тропічній, так і в помірній зонах.

У середньокам'яновугільну епоху з'явились і перші хвойні дерева з роду в а л ь х і я. Отже, кам'яновугільний період — час багатого розвитку деревної флори, в якій переважають деревовидні спорові рослини і досить широко представлені давні голонасінні.

Це разом з тим час утворення численних покладів кам'яного вугілля (див. стор. 139). Викопне вугілля утворилось з деревного торфу, який нагромаджувався у великих лісових болотах. У кам'яновугільному періоді виникли поклади Донецького і Підмосковного вугільних басейнів, Уралу, Середньої Європи і багато інших.

У морі в зв'язку з його великим поширенням відбувалось деяке оновлення фауни. Серед найпростіших тварин з'явились великі кореневіжки — ф о р а м і н і ф е р и. Їхнє тіло складалось лише з однієї клітини, але черепашка, в якій ця клітина містилась, була звичайно багатокамерною і в деяких форм, наприклад, у ф у з у л і н, досягала розмірів пшеничного зерна і більше. Для одноклітинних тварин, як правило мікроскопічно малих, це дуже великі розміри, хоч деякі форамініфери пізнішого часу — палеогену — були ще більші.

У морях кам'яновугільного періоду дуже поширені голкошкірі (морські лілії і морські їжаки), різні плечоногі, моховатки та інші групи тварин.

НАЙДАВНІШІ ЯЩЕРИ

Кінець кам'яновугільного періоду і початок нового, п е р м с ь к о г о, періоду, або пермі[1], збігається з найбільш активними фазами г е р ц и н с ь к о г о г о р о т в о р е н н я. У зв'язку з цим на півночі материків знов відбулося значне осушення площ і підняття могутніх гірських хребтів в Середній Європі, на Уралі, Тянь-Шані, Алтаї, Аппалачах. З'явились великі льодовики на південних материках. Південна Америка, Африка і велика суша там, де тепер Індійський океан, тоді, мабуть, становили єдиний материк, названий Гондваною.

В Європі і Північній Америці вологий тропічний клімат карбону змінюється і стає частково помірним, а частково жарким і сухим. Буйна кам'яновугільна рослинність відступає до екватора і поступово зникає; на зміну

---

[1] *Голонасінні* рослини не мають плодів; насіння у них утворюється не в зав'язі квітки, а на відкритих (голих) насінних зачатках; звідси і їх назва. До голонасінних належать хвойні і споріднені з ними рослини

[2] *Кордаїти* названо ім'ям ботаніка Корда.

[1] *Перм* — від назви стародавнього царства Пермія, що було розташоване в басейні р Ками; у цьому районі дуже поширені відклади пермського періоду.

їй приходять голонасінні рослини, найбільш поширену групу яких становлять корда їти. Голонасінні рослини розмножувались насінням, що було великою перевагою перед розмножуванням спорами, бо спорам для їх розвитку неодмінно потрібна вода, а насіння обходиться без неї. Таке пристосування було ніби відповіддю на різке скорочення водних басейнів у пермському періоді; воно дало можливість голонасінним рослинам розселитися в глиб континентів. Утворення насіння важливе було також і тому, що воно містило поживні речовини, необхідні для розвитку зародку рослини.

Як і в карбоні, у пермі триває вуглеутворювання. У цьому періоді виникли величезні вугленосні басейни СРСР: Тунгуський, Кузнецький і Печорський. Змінюється поступово і тваринний світ.

Серед хребетних пермського періоду розвиваються типові наземні тварини — плазуни, які поступово витісняють стегоцефалів. Плазуни, що виникли ще в карбоні і були спочатку дуже схожі на стегоцефалів, від яких вони походять, представлені двома великими групами — котилозаврами і звіроподібними.

Ціле «кладовище» пермських плазунів відкрив понад півстоліття тому на Північній Двіні російський палеонтолог Володимир Прохорович Амалицький. Він вивчав пермські червоноколірні відклади, поширені на північно-східній окраїні Руської рівнини. У цих товщах траплялись рідкі рештки органічного життя — відбитки листя папоротей і дрібні черепашки прісноводних молюсків. Такі ж викопні рештки були у відкладах пермського періоду і в Південній Африці, у місцевості Карру, де, крім того, ще було виявлено кістяки різних плазунів. Порівнявши ці факти, Амалицький зробив сміливе припущення, що на Північній Двіні, де особливо добре розкриті пермські відклади, треба шукати кістяки давніх плазунів, знайдених у Карру.

Учені поставились до цього з недовір'ям, і Амалицькому довелось на власні кошти організувати експедицію, що складалась лише з двох чоловік — самого Амалицького і його дружини Ганни Петрівни. Після двох років наполегливих шукань вони знайшли поблизу міста Котласа перші знахідки — черепи парейазаврів[1] — величезних плазунів з групи котилозаврів, тих самих, які були відомі по розкопках у Карру.

Звістка про відкриття Амалицьким миттю облетіла весь світ. Йому виділили кошти для організації розкопок, що тривали до першої світової війни. Розкопки дали блискучий матеріал — понад 10 повних кістяків парейазаврів, кістяки і черепи різних звіроподібних плазунів і стегоцефалів.

Це були перші в Росії справжні палеонтологічні розкопки. По суті, з цього часу починає свою історію російська палеонтологія хребетних, хоча окремі збирання кісток і вивчення їх провадились ще за часів Петра I.

Колекції Амалицького становили ядро майбутнього Палеонтологічного музею; у ньому й досі вони утворюють так звану Північнодвінську галерею, рівної якій немає в світі. Ця колекція дуже багата і охоплює майже всі основні групи хребетних пермського періоду.

Парейазаври були великими рослиноїдними плазунами, завбільшки з бика. Череп їх, як і у стегоцефалів, являв собою ще суцільну покрівлю, без скроневих западин. Дрібні зуби з характерними гребінцями і борознами на кінцях вказували на живлення м'якою рослинністю, якої, очевидно, багато було по берегах рік, де водились парейазаври. Тіло тварин було вкрите міцними шкірними щитками, які захищали їх від численних хижих плазунів, іноді розміром з тигра і більше. Озброєні страшними іклами, хижаки могли, як кинджалами, заколювати свою жертву. До таких хижаків належить іностранцевія[1] з групи звіроподібних плазунів. Ця група, яка пішла від давніх котилозаврів, була, у свою чергу, родоначальною для ссавців. Таким чином, вона посідає важливе місце в історії хребетних. На відміну від незграбних парейазаврів іностранцевії відзначались, як і повинно бути властиво хижакам, великою рухливістю. Це були найбільші наземні хижаки палеозойської ери.

У складі північнодвінської фауни зустрічаються і порівняно невеликі хижаки завбільшки з собаку, а також своєрідні плазуни — дицинодонти («двоїклозуби»), що мали в роті всього два зуби — пару верхніх ікол. Ці ікла були тільки у самців, а самки зовсім не мали зубів. Щелепи дицинолонтів нагадували дзьоб, так само як і в черепах; очевидно, вони були рослиноїдними тваринами.

[1] *Парейазаври* — («щокаті ящери») дістали назву через своєрідні вирости на черепі в щічній ділянці.

[1] *Іностранцевія* дістала назву на честь видатного російського геолога О. О. Іностранцева.

Крім плазунів, до складу північнодвінської фауни входили стегоцефали — двінозаври[1], цікаві тим, що протягом усього свого життя, крім легеневого дихання, вони зберегли і зяброве, нагадуючи цим сучасних аксолотлів.

Є в північнодвінській фауні ще одна цікава тварина — котласія[2]. Вона належить до проміжної групи між земноводними і плазунами, і це ще раз підтверджує, що плазуни виникли від земноводних. За будовою черепа і зубів котласія схожа на земноводних — стегоцефалів, а загальним виглядом та іншими ознаками вона нагадує плазунів.

Щоб закінчити огляд пермської фауни наземних хребетних, згадаємо ще про одну цікаву групу звіроподібних плазунів — пелікозаврів.

Кістяки пелікозаврів, що трапляються в пермських відкладах Руської платформи[3], належать дрібним тваринам, схожим на ящірок.

Пелікозаври, відомі з пермських відкладів Північної Америки, мають дуже своєрідний вигляд. Наприклад, у диметродонів остисті відростки хребців, що досягали майже метра, утворювали над спиною гребінь, на який була натягнута перетинка. Така незвичайна будова досі ще не розгадана як слід. Способом живлення пелікозаври відрізняються один від одного. Між ними були як хижаки, так і травоїдні форми. При цьому одні з хижаків живились молюсками, другі — рибою, треті — комахами.

Треба сказати, що взагалі плазуни наприкінці палеозою були дуже різноманітні. Вони пристосувались до різних умов існування на суші. Вони були найбільш високоорганізованою групою тварин на земній кулі в пермський період.

ВИНИКНЕННЯ ДВОНОГИХ ЯЩЕРІВ

Мезозойська ера — «ера середнього життя» — поділяється на три періоди: тріасовий[4], юрський і крейдовий. У тріасовий період суша займала величезні площі. На території Європи, у тому числі і Європейської частини СРСР, були великі материкові рівнини. У тріасових відкладах знаходять рештки стегоцефалів, які досягали іноді величезних розмірів, наприклад, мастодонзавр — з головою понад метр. Тріасові стегоцефали були мешканцями водойм, переважно донними формами, про що свідчить будова їх очних ямок: вони дуже зближені і обернені прямо догори. Очевидно, стегоцефали лежали годинами на дні водойм, чатуючи на необережну жертву — риб чи інших водяних тварин.

Історія стегоцефалів у тріасі закінчується. Ця колись численна і різноманітна група поступово поступилась своїм пануванням перед більш високоорганізованими тваринами — плазунами, які в мезозойську еру стають найбільш поширеними тваринами серед хребетних, населяючи не тільки сушу, а й воду та повітря.

Котилозаври та звіроподібні плазуни наприкінці тріасового періоду також вимирають, їх змінюють архозаври — плазуни, характерні для мезозою. Останні звіроподібні плазуни — цинодонти («іклозуби») — в повному розумінні звіроподібні, дуже схожі на звірів, тобто ссавців. Представника цинодонтів — циногната — можна прийняти скоріше за ссавця, ніж за рептилію, тобто плазуна; особливо велика схожість у будові черепа, який дуже скидається на череп собаки або вовка. Зуби такі самі, як у хижих ссавців, поділяються на різці, ікла та кутні. Така ж схожість і в будові кістяка в цілому. Ще більшу схожість із ссавцями мають іктидозаври, яких довгий час вважали ссавцями і лише недавно віднесли до рептилій. Цинодонти та іктидозаври дуже близькі до безпосередніх предків звірів, що доводить походження ссавців від рептилій. Одна з найцікавіших груп мезозойських плазунів — архозаври, тобто «родоначальні ящери»[1]. Вони поділяються на текодонтів, динозаврів, крокодилів та літаючих ящерів.

Для більшості архозаврів характерне двоноге ходіння. Тріасові архозаври були невеликими тваринами, схожими на ящірку і хижими за способом життя. Зуби в них сиділи в окремих комірках, звідки й назва «текодонти» («коміркозубі»). Двоноге ходіння в текодонтів вже добре помітне — задні кінцівки набагато більші і масивніші, ніж передні.

Що ж було причиною виникнення двоногого ходіння? Професор І. О. Єфремов вва-

[1] Назва походить від р. Північної Двіни.

[2] Назву дістала від м. Котласа.

[3] *Руська платформа* — геологічне поняття; відповідає рівнинній частині східної половини Європи.

[4] «*Тріас*» — по-грецькому означає «той, що складається з трьох»: відклади тріасу в Центральній Європі (де його докладно вивчено) чітко розмежовані на три відділи.

[1] Йдеться про їх родоначальність для ряду мезозойських груп плазунів.

жає, що в тріасі, з його рівнинним ландшафтом, створились підхожі умови для заселення наземними хребетними відкритих просторів (у палеозої наземні хребетні жили в основному в лісах або в заростях по берегах рік). А на відкритому просторі важливо бачити якнайдалі, щоб своєчасно помітити небезпеку або здобич. Архозаври і були саме тією групою наземних хребетних, яка перейшла жити у відкритих просторах, хоч деякі архозаври водились у воді і навіть у повітрі (літаючі ящери), що відповідно позначилось на їх будові.

Наприкінці тріасу з'явилась друга група архозаврів — динозаври («динос» — по-грецькому «дивовижний», «страшний»). Серед них були не тільки хижі, а й рослиноїдні динозаври — зауроподи[1]. Спочатку, як і хижі динозаври, вони були двоногими тваринами, а потім (в юрський період) у зв'язку з пристосуванням до життя у воді, куди, мабуть, їх «загнали» хижі брати, вони знов повернулися до четвероногого ходіння. Тріасові динозаври порівняно з юрськими і крейдовими велетнями «невеликі»: їх довжина «тільки» 5—6 *м*.

З інших груп плазунів, які виникли в тріасі, вкажемо на черепах і дзьобоголових. Обидві групи дожили до наших часів. Єдиний сучасний представник дзьобоголових — гатерія (див. том 1 «ДЕ») живе тільки в Новій Зеландії. Тріасові черепахи, на відміну від пізніших, не мали здатності втягувати під панцир голову, хвіст і кінцівки. Ці частини тіла у них були вкриті шипами.

ПЛАЗУНИ — ЗАВОЙОВНИКИ СУШІ, МОРЯ І ПОВІТРЯ

У тріасі плазуни починають освоювати море. З усіх плазунів найбільше пристосувалися до водного способу життя іхтіозаври, або «рибоящери». Їх схожість з рибами, а з другого боку, з дельфінами, які належать вже до ссавців, вказує на схожий спосіб життя представників усіх трьох класів. Іхтіозаври жили у відкритому морі. Вони були чудовими плавцями і живилися головним чином рибою, але не «гребували», мабуть, і іншою живністю, яка траплялась. Великі представники іхтіозаврів юрського періоду досягали 10—12 *м* у довжину і сміливо могли суперничати з акулами.

Своїм виглядом іхтіозаври були такі рибоподібні, що далеко легше їх було б прийняти за риб, ніж за плазунів. У них була рибоподібна форма тіла, кінцівки перетворилися в ласти, а на спині і в хвостовій частині розвинулись плавці, правда, не справжні — не з променями, як у риб, а утворені шкірними складками. Кількість кісток у кінцівках (фаланг) дуже зросла, а в деяких іхтіозаврів збільшилось навіть число пальців (до 8). В очних ямках розвинулись склеротичні пластинки, щоб на очі не тиснула вода. І ще одна цікава подробиця: іхтіозаври, втративши можливість виходу на сушу, стали живородящими тваринами. Плазуни, як відомо, звичайно розмножуються, відкладаючи яйця, але у воді — без достатнього світла й тепла — зародок не міг би розвиватись.

На прикладі іхтіозаврів видно, як може змінитись тварина в процесі пристосовування до навколишнього середовища. Коли б організми не мали цієї здатності, то тварина ніколи не змогла б освоїти нове середовище пробування. Тріасові іхтіозаври становлять перехідну ланку від наземних плазунів до типово водяних, якими стали юрські іхтіозаври. У тріасових іхтіозаврів хвіст був майже прямий, з мало розвиненим плавцем, рило коротке, а кінцівки не мали ще вигляду справжніх ластів.

У тріасі перейшла жити в море ще одна група плазунів — нотозаври. На відміну від іхтіозаврів, вони були мешканцями узбережної частини моря, які не втратили остаточного зв'язку і з сушею. Своїм виглядом нотозаври віддалено нагадували ящірку, але з дуже довгою шиєю, з ластоподібними кінцівками. Як і іхтіозаври, нотозаври живилися в основному рибою, може, молюсками, але були значно менших розмірів — завдовжки близько метра.

Нотозаври є ймовірними предками плезіозаврів — великих морських плазунів, дуже поширених в юрський період.

Отже тріас — час появи багатьох груп тварин і насамперед плазунів нового типу. Серед рослин найбільш поширені голонасінні — саговники, хвойні та гінкгові. На кінець періоду з'явились бенетити, але найбільшого розвитку ця флора досягає в юрський період.

Юрський[1] період, або юра, знаменує собою початок великого поширення морів.

[1] *Зауроподи* — по-грецькому «ящероногі».

[1] *Юрський період* названо за Юрськими горами в Швейцарії.

Район теперішнього Підмосков'я, Середня Волга також були під юрським морем. У чорних глинах Підмосков'я і в горючих сланцях Заволжя знаходять безліч решток безхребетних морських тварин. Особливо численні головоногі молюски — а м о н і т и і б е л е м н і т и. Черепашка більшості амонітів була закручена в одній площині і нагадувала диск. Діаметр такого диска звичайно 5—10 *см*, а в деяких амонітів досягав 1 *м* і більше.

Амоніти, як і сучасні спрути, були небезпечними морськими хижаками. Їх м'яке тіло вміщувалося в останній, або зовнішній, камері черепашки, а решта камер заповнювалась повітрям або газами. Усі камери сполучались особливою трубочкою — сифоном, за допомогою якого тварина могла регулювати потрібну їй кількість газу в камерах. При зменшенні кількості газу в камерах амоніт збільшував питому вагу своєї черепашки і міг швидше занурюватись на дно а при збільшенні кількості газу питома вага зменшувалась, і тварина зринала. Отже, це був своєрідний гідростатичний апарат. Цікаво, що перегородки між камерами мали вигляд площини, яка була наче увім'ята то в один, то в другий бік. Така площина, перетинаючись із стінками черепашки, утворювала на них складну хвилясту лінію, що дістала назву л о п а г е в о ї. В усіх амонітів вона має різний вигляд і є доброю відмітною ознакою. У пізніших амонітів вона складніша, у ранніх — простіша. Складна будова міжкамерної перегородки — пристосування до великого тиску води на глибині, який немов розбивався об численні нерівності — виступи або заглибини перетинки. Здатність добре протистояти тиску і, отже, зміні його була дуже важлива при активному русі амонітів (див. рис. на стор. 186).

Б е л е м н і т и[1], часто відомі під назвою «чортових пальців», мають вигляд сигари завдовжки звичайно 10—12 *см*. На одному кінці такої сигари всередині є конічна заглибина, в якій містилась залишкова черепашка, що іноді зберігалася в цій заглибині. Вона в міру росту тварини обволікалась шкірястою складкою — мантією. Мантія виділяла кальцій, який, концентрично наростаючи навколо первинної черепашки, утворював «сигару», або «спис». Белемніти як і амоніти, були активними плавцями і хижаками. Зовнішньо вони мали трохи нагадувати сучасних кальмарів. Белемніти відомі тільки з відкладів мезозою· вони виникли в тріасі і вимерли в крейдовому періоді (див. рис. на стор. 160). Головоногі молюски були хижаками, і до того ж активними, але вони теж мали ворогів. Такими ворогами насамперед були потомки нотозаврів — п л е з і о з а в р и. Кістяки плезіозаврів знаходять у нас у заволзьких сланцевих рудниках, іноді глибоко під землею — при розробці шахт. Волзькі плезіозаври належать до особливої групи — п л і о з а в р і в, які, на відміну від решти плезіозаврів, мали коротку шию, але величезну голову. Загальний розмір пліозаврів досягав 12—15 *м* Це були морські хижаки, які могли сміливо нападати на будь-кого. Живились вони в основному молюсками і рибою; жили в узбережній зоні морів. Кінцівки їх перетворились на величезні ласти — весла, за допомогою яких тварина пересувалася.

Плезіозавра дуже вдало порівнюють з гадюкою, продітою крізь тулуб черепахи. Справді, у плезіозавра гадюча голова і шия при досить широкому й короткому незграбному тулубі.

У деяких плезіозаврів, як, наприклад, у крейдового е л а с м о з а в р а, шия була надзвичайно довга: число шийних хребців досягало 76. Мабуть, такі плезіозаври спокійно плавали або лежали на воді, а потім, забачивши рибу чи іншу здобич, блискавично викидали свою голову на довгій шиї, і жертва була схоплена. Пліозаври, мабуть, вели рухливіший спосіб життя і, бувши добрими плавцями, ганялись за своєю здобиччю, хапаючи її на ходу.

Не менш небезпечними хижаками юрських морів були іхтіозаври. Рештки їх нерідко виявляють як у чорних глинах Підмосков'я, так і у відкладах Поволжя.

Багато кістяків юрських морських плазунів знайдено в Німеччині (у золенгофенських сланцях Баварії). Разом з ними знайдено 2 екземпляри давніх птахів. Одного з них купив знаменитий англійський учений Річард Оуен і описав його під назвою а р х е о п т е р и к с а[1]. Цей екземпляр зберігається в Лондонському музеї. Другий екземпляр, який краще зберігся, дістав назву а р х е о р н і с а[2] і перебуває в Берлінському музеї. Як з'ясувалось недавно, обидві тварини являють собою один вид. За правилом пріоритету, тобто першості, в описі цей вид зберігає назву археоптерикса.

[1] Від грецького слова «белемнон» — спис, стріла.

[1] *Археоптерикс* — від грецьких слів «архайос (археос)» — стародавній, давній, «птерикс» — крило.

[2] *Археорніс*—від грецьких слів «архайос (археос)»— стародавній, давній і «орніс» — птах.

Найцікавіша тварина юрського періоду — археоптерикс, або первоптах. На рисунку — кістяк первоптаха і відбиток оперення.

Але не в цьому справа. Найважливіше полягає в тому, що археоптерикс становить проміжну форму між птахами і плазунами. Довго тривав спір, до якого з двох класів правильніше віднести цю тварину. Тепер цей спір розв'язано «на користь» птахів і археоптерикс вважається найдавнішим птахом з усіх відомих.

Археоптерикс був завбільшки з ворону і загальним виглядом схожий на птаха. Він мав оперення. Однак дзьоб його був вкритий зубами, як у плазунів; хвіст, на відміну від пташиного короткого «куприка», був довгий, мав близько 20 хребців, а передні кінцівки зберегли вільні пальці з кігтями, що стирчали над крилами. На цих пальцях археоптерикс міг видиратись угору — на скелі і дерева, бо він був ще поганим літуном і, мабуть, більше літав згори вниз, ніж навпаки, або в кращому разі робив планіруючі перельоти. Мабуть, археоптерикс розвинувся з рептилій, які лазили по деревах, для яких планіруючі перельоти були важливим пристосуванням для швидкого і безпечного пересування.

Крім археоптерикса, в юрі були й інші тварини, рідною стихією яких стало повітря,— це птерозаври («крилоящери»), або літаючі ящери. Зовнішнім виглядом вони скидались на птахів, але тіло їх залишалося, мабуть, голим, без пір'я. Крила, як у кажанів, являли собою шкірну перетинку, натягнуту між боковою стороною тіла і п'ятим пальцем передніх кінцівок. Інші пальці, як в археоптерикса, були вільними і мали кігті. Як і в птахів, багато кісток у птерозаврів було повітроносних, а груднина, до якої прикріплювались м'язи, що приводили в рух крила, дуже розвинена. Хвіст був довгий і закінчувався в деяких видів шкірястим рулем, який допомагав ящеру керувати польотом.

Дивовижна схожість птерозаврів і птахів пояснюється схожими умовами їх існування. Таких прикладів схожості між різними групами тварин, яка має назву конвергенції, в історії тваринного світу дуже багато. Вони вказують на тісну залежність будови організму від навколишнього середовища.

Більшість літаючих ящерів живилась рибою. Як і сучасні мартини, вони спритно вихоплювали з води здобич на льоту.

Літаючі ящери, як і птахи, походять від текодонтів, але їх пристосованість до польоту була не така досконала, як у птахів, і вони проіснували тільки два періоди — юрський і крейдовий. Юрські літаючі ящери порівняно невеликі: найбільші з них, такі як рамфоринх, були завдовжки близько півметра.

У крейдовий період птахів стає дедалі більше і вони заселяють ті краї, де жили літаючі ящери. Літаючі ящери починають вимирати. Деякі з них представлені велетенськими формами, як, наприклад, птеранодон, який досягав 8 *м* у розмаху крил.

З сухопутних тварин юри найбільш поширеною групою були динозаври. Характерним представником рослиноїдних динозаврів з групи зауропод був диплодок[1]. Довжина диплодока близько 30 *м*; з них більше половини припадає на хвіст, та й шия значно довша за тулуб. Диплодок — одна з найбільших тварин, які будь-коли водились на Землі. Незважаючи на порівняно коротке тіло, він важив десятки тонн, і цю величезну вагу підтримували чотири колоноподібні ноги.

---

[1] «*Диплодок*» — означає «дводум». Крижовий мозок у цієї тварини був значно більший від головного

Плазуни:

1. Іхтіозавр
2 Плезіозавр
3. Пліозавр
4 — 5. Дрібні хижі динозаври (целюрозаври)
6 — 8. Велетенські хижі динозаври
9—13. Зауроподи
14—15. Орнітоподи
16—17. Стегозаври
18 — 19. Літаючі ящери

Птахи:

20. Археоптерикс

Ссавці:

21. Пантотерій

Рослини:

22. Гінкго
23 — 24. Бенетити
25. Деревовидні папороті
26 Араукарія

ФАУНА І ФЛОРА СЕРЕДИНИ МЕЗОЗОЮ

Якби така махина жила на суші, вона не змогла б легко пересуватись. Зате у воді диплодок почував себе чудово. Він був мешканцем великих озер або мілких внутрішньоматерикових морів, може, придельтової частини великих рік. Диплодока іноді називають «ящером-водолазом» — це цілком справедливо. Величезний зріст диплодока давав йому змогу заходити у воду на значну глибину, особливо коли врахувати, що він міг ставати на задні лапи, масивніші, ніж передні; величезний зріст його разом з тим був добрим захистом від різних водяних хижаків, з якими він міг стикатись, а також захистом від самої води, тобто від прибійної хвилі. Живився диплодок в основному водяною рослинністю.

Хижі динозаври, такі, як цератозавр, алозавр та інші, досягали дуже великих розмірів. Передні кінцівки їх все зменшуються, а задні, навпаки, збільшуються, нагадуючи своєю формою ноги велетенських хижих птахів. Величезним стає череп з могутніми зубами-кинджалами.

Наприкінці юрського періоду виникає нова група динозаврів — стегозаври. Це величезні сухопутні ящери, спина яких була вкрита (звідси і назва «стегозаври»: «стего» — вкриваю) двома рядами трикутних кісткових шипів, які захищали їх від нападу хижаків. Стегозаври повернулись до чотириногого ходіння, бо при такому стані тіла вони були неприступні для нападів. Хижі динозаври могли нападати на них тільки зверху, але спину надійно захищали шипи. При двоногому положенні у стегозавра передня частина тіла залишалась би незахищеною. Отже, ми бачимо, що рослиноїдні динозаври або пристосовуються до водного способу життя, або коли залишаються на суші, то тільки з надійними засобами «оборони».

Щоб закінчити характеристику життя в юрський період, необхідно вказати на виникнення добре відомих нам груп тварин, які дожили до нашого часу,— це жаби, крокодили та ящірки. В юрський період виникли і перші ссавці — потомки тріасових звіроподібних рептилій. Це були невеликі лісові звірки, не більші за кішку чи зайця. Одні з них, як видно з будови черепа та зубів, були схожі на гризунів, другі — на комахоїдних, треті — на хижаків — це ті основні групи ссавців, які по-справжньому розвинулись вже в кайнозої.

Серед рослинного світу юри найбільш поширені були різні голонасінні рослини: саговники, бенетити, хвойні, гінкгові.

Саговники порівняно невисокі дерева, які росли повільно і мали довге листя, зібране вгорі, як у деревовидних папоротей або як у деяких сучасних пальм. Саговники — потомки насінних папоротей. Близькі до саговників бенетити цікаві тим, що вони, мабуть, є предками покритонасінних, або квіткових, рослин, які виникли в крейдовий період (або наприкінці юрського періоду). Спороносний апарат бенетитів нагадує квітку покритонасінних, а їхнє насіння також має покрив.

Гінкгові дерева мали товстий гіллястий стовбур і листя віялоподібної або ланцетовидної форми. Тепер зберігся лише один вид гінкгових, який вважається священним деревом в Японії і Китаї і з стародавніх часів охороняється людиною.

Серед хвойних у мезозої були поширені араукарієві, яких небагато є тепер в Австралії та Південній Америці. В юрі існували мамонтові дерева (секвойї) — велетні рослинного світу, які ще збереглися в Каліфорнії. Ялини, сосни, смереки та інші хвойні наших широт з'явились пізніше, у крейдовий період.

«ВЕЛИКЕ ВИМИРАННЯ» ЯЩЕРІВ

Крейдовий[1] період починається порівняно з юрою деяким зменшенням морів; потім відбувається ще більше, ніж в юрі, занурення материків і розширення меж моря. Кінець крейдового періоду характеризується потужними горотворними процесами, особливо в ділянці Тихого океану, у зв'язку з чим знову збільшується площа материків.

У середині крейдового періоду відбуваються дуже істотні зміни в рослинному покриві Землі — це надзвичайно швидке поширення покритонасінних рослин. Вони, безперечно, існували вже в юрському періоді, але не відігравали тоді помітної ролі серед панівних голонасінних рослин. Їх дуже рідко знаходять у відкладах першої половини крейдового періоду. Але в другій його половині ці рослини швидко розселюються по всій земній кулі.

Покритонасінні рослини крейдового періоду представлені деревними формами; серед них зустрічались і теперішні тополі, верби, калини, дуби, платани, евкаліпти, магнолії, пальми.

[1] *Крейдовий період*, або *крейда*, має таку назву в зв'язку з великою кількістю в його відкладах білої писальної крейди.

У крейдовий період триває розквіт різних груп динозаврів, на зміну одним видам приходять нові. З рослиноїдних динозаврів, крім зауропод, на початку крейди поширені дрібні і великі двоногі форми. У 1953 р. в СРСР, у Чулимо-Єнісейській западині, відкрито місцепробування дрібних динозаврів — так званих п с и т а к о з а в р і в[1]. Це перше в нашій країні місцепробування динозаврів, де трапляються непошкоджені кістяки. В інших місцях — на Амурі, у Казахстані[2], в Середній Азії — кістки динозаврів зустрічаються обкатаними, бо шари, в яких вони відклалися, були розмиті, а кістки — частково зруйнувалися, перш ніж знову стали заховані.

Сучасниками пситакозаврів були також двоногі, але більші, до 5 *м* заввишки — і г у а н о д о н и (названо так через схожість у будові зубів з ящіркою ігуаною). «Кладовище» ігуанодонів (29 кістяків) знайдено в минулому столітті в Бельгії. У 1951 р. рештки ігуанодонів знайшли майже в протилежній точці земної кулі — у Монгольській Народній Республіці (див. стор. 225). Ігуанодони мали масивні задні кінцівки, на яких вони пересувались, і легші передні. Кігті на ногах у них перетворились у напівкопита. Череп своїми обрисами дуже нагадує череп коня, а зуби, які відзначаються складною будовою, мають високу коронку, як у травоїдних ссавців.

Ще більше схожі на жуйних ссавців качконосі динозаври, пізніші родичі ігуанодонів. На відміну від ігуанодонів, мешканців узбережжя водних басейнів, качконосі динозаври перейшли до життя в найбільш водних басейнах, головним чином у болотах, озерах, дельтах рік. Як характерного представника качконосих динозаврів можна назвати з а у р о л о ф а[3], кістяк якого виставлений у Палеонтологічному музеї Академії наук СРСР. Зауролоф — один з найбільших двоногих динозаврів, які коли-небудь існували. Висота його досягала 9—10 *м*, причому на самі задні ноги припадало 4 *м*. Звичайно, він мав і величезну вагу. Задні лапи зауролофа дуже масивні і своєю будовою нагадують лапи великих ссавців — носорогів, бегемотів та слонів. Кігті, властиві плазунам, перетворились у широкі копитні фаланги в зв'язку з постійним ходінням тварини по м'яких грунтах. Між пальцями передніх кінцівок, удвоє менших, ніж задні, були натягнуті плавальні перетинки. Зауролоф передніми кінцівками користувався не тільки для плавання, а й для опори, коли він нагинався під час годівлі. Хвіст зауролофа був рулем і потужним руховим органом при плаванні. Голова його в передній частині нагадувала качиний дзьоб, яким цей ящір «скуб» рослини. У роті на кожній половині щелепи було 40—50 зубів, причому зуби в міру стирання замінялись новими, подібно до того, як у нас молочні зуби заміняються постійними. Зуби, зростаючись, утворювали на кожній щелепі єдину поверхню у вигляді «зубної батареї». Такими щелепами зауролоф діяв, як гігантськими ножицями.

Величезне місцепробування качконосих, хижих і інших динозаврів відкрила кілька років тому радянська палеонтологічна експедиція в крейдових відкладах біля підніжжя хребта Немегету в Монголії (див. стор. 229).

Сучасниками качконосих динозаврів були великі сухопутні страховиська — р о г а т і і п а н ц и р н і д и н о з а в р и. Рогаті динозаври зовнішністю нагадують носорогів, проте часто перевершували їх розмірами. Це були рослиноїдні тварини; їх щелепи закінчувались величезним дзьобом, але, крім дзьоба, вони мали також і зуби. На голові такого динозавра було від 1 до 5 рогів, які іноді досягали в довжину 1,5—2 *м*. Залежно від числа рогів і називали цих тварин, наприклад, т р и ц е р а т о п с — «трирогий». Задня частина черепа розросталась у своєрідний «комір», який прикривав шию. У деяких рогатих динозаврів, наприклад, у стиракозавра, по краях такого коміра стирчали величезні гострі шипи.

Не менш надійно були захищені й інші рослиноїдні динозаври — панцирні, яких іноді називають «я щ е р а м и - т а н к а м и». Як і рогаті динозаври, вони пересувались на чотирьох ногах. Їхнє тіло, як у черепах, зверху було прикрите кістковим панциром, що утворився із зрослих кісткових щитків, на яких були ще короткі гострі шипи. Хвіст у панцирних динозаврів був звичайно довгий з величезними шипами на кінці. Як і рогаті динозаври, панцирні динозаври, мабуть, водились у заростях поблизу різних водних басейнів, де знаходили досить поживи і легко могли сховатись від ворогів.

Постійними ворогами цих динозаврів були велетенські хижі ящери — т и р а н о з а в р и

[1] *Пситакозавр* — грецькою мовою «ящір із дзьобом папуги».

[2] У 1957 р. в Центральному Казахстані також відкрито корінне місцепробування верхньокрейдових динозаврів.

[3] *Зауролоф* — «ящір з гребенем» — названо через гребінь, яким ззаду закінчується череп цього динозавра.

(«ящери-тирани»), які мало поступалися розмірами перед качконосими динозаврами. Порівняно з своїми юрськими предками вони збільшились у розмірах і стали ще більш «двоногими»; задні кінцівки у тиранозаврів масивні і сильні, озброєні страшними кігтями, тоді як передні — зовсім короткі — відігравали, мабуть, дуже невелику роль (під час ловлі здобичі, її пожиранні). Задніх лап з кігтями і метрової пащі з величезними зубами було досить, щоб тиранозавр міг розправитись з будь-якою твариною, тому важкі передні кінцівки, як органи нападу, були йому не дуже потрібні. Навпаки, їх зменшення сприяло легшому і швидшому пересуванню хижаків.

Поряд з велетенськими тиранозаврами існували і порівняно «невеликі» (до 5 *м* завдовжки) хижі динозаври, дуже схожі формою тіла на бігаючих птахів, тому вони й дістали назву страусоподібних динозаврів. У деяких з них навіть не було зубів у роті, і це робило їх ще більш схожими на птахів. Проте їхні передні лапи являли собою не крила, а звичайні кінцівки з цупкими і сильними кігтями. Живилися страусоподібні динозаври, мабуть, дрібними тваринами.

Досягнувши великої різноманітності та поширення в крейді, динозаври не залишили після себе потомків. З кінцем крейдового періоду і, отже, мезозою закінчується їх історія.

Мезозой — час великого поширення плазунів: черепах, ящірок і змій, крокодилів, літаючих ящерів, але особливо динозаврів. У середині мезозою виникли і вищі класи хребетних — птахи і ссавці, але представники їх були нечисленні та дрібні і, природно, не могли конкурувати з безліччю плазунів, які завоювали всі сфери життя.

Крейдові птахи, на відміну від юрського археоптерикса,— вже справжні птахи, хоч усе ще зберігають деякі примітивні риси будови, наприклад, зуби. Тому вони й дістали назву зубатих птахів. До них належать іхтіорніс, який нагадував способом життя мартина, і гесперорніс, схожий способом життя на гагару. Серед крейдових ссавців відомі вже сумчасті і, очевидно, з'явились плацентарні. Це вищі ссавці. У них зародок живиться через плаценту — місце прикріплення плода до тіла матері. Звідси походить і назва.

Вимирання плазунів наприкінці мезозою дістало назву «великого вимирання». Зникли останні динозаври, великі морські плазуни: іхтіозаври, плезіозаври та ін., а також літаючі ящери. Однак не можна забувати, що плазуни вимирали не тільки в кінці мезозою, а весь час, поки він тривав. Межа мезозою й кайнозою і проведена саме там, де зникають всі ці ящери і виникають численні ссавці, так само як взагалі всі геологічні межі проведені згідно з основними етапами життя на Землі.

Які ж причини зумовили масове вимирання плазунів наприкінці мезозою?

Кінець крейдового періоду — епоха досить великих горотворних рухів, зокрема утворення Анд і Північно-Американських Кордільєр. У середині крейдового періоду піднялися гори у Верхоянсько-Чукотському краї, у Південно-Східному Китаї та в Індокитаї.

Очевидно, горотворні процеси, які зумовили зменшення площі морів і водойм суші, одразу дуже звузили області, де водились ці групи плазунів, так чи інакше зв'язані з водою. Зміна фізико-географічних умов у напрямі континентальності клімату несприятливо вплинула на багатьох тварин, які розвивались в умовах м'якого мезозойського клімату при великому поширенні мілких морів і величезних заболочених низовин. Погіршання клімату неминуче зумовило зміну рослинності — насамперед тієї, яка була зв'язана з водоймами. Наприкінці мезозою ця рослинність почала зникати. Оскільки вона була джерелом корму для рослиноїдних плазунів, які жили у водоймах і навколо них, то, природно, її зникнення повинно було несприятливо відбитись на цих рептиліях. Вимирання рослиноїдних рептилій, що були поживою для хижаків, привело до вимирання останніх.

Вимирання наприкінці мезозою захопило не тільки плазунів — наземних і морських, а й головоногих молюсків — амонітів і белемнітів, дуже численних в юрських і крейдових морях. Внаслідок зменшення морських басейнів для них зменшилась насамперед їх життєва площа; одночасно змінювалась солоність морської води.

Проте підвищення солоності морських басейнів наприкінці крейдового і на початку третинного періоду не спостерігалось, і вимирання амонітів і белемнітів зв'язане, певно, також з тими змінами, які відбувались в органічному світі. Крім того, у крейдовому періоді в головоногих молюсків з'явились серйозні конкуренти—хижі представники костистих риб, з якими їм важко було змагатись у швидкості при переслідуванні здобичі. Наприкінці крейдового періоду почали розвиватись головоногі, які живуть і тепер. Вони не мають черепашки,

вільніші в своїх рухах і краще пристосовані до швидкого плавання та нападу. Вимирання морських плазунів — плезіозаврів, іхтіозаврів та ін.— пов'язане, мабуть, з вимиранням амонітів та белемнітів, які відігравали важливу роль у поживі цих хижаків. Такою є схема складного взаємозв'язку між змінами фізико-географічних умов і процесом вимирання тварин.

ДАВНІ ССАВЦІ

К а й н о з о й с ь к а[1] ера («ера нового життя») охоплює два періоди: т р е т и н н и й і ч е т в е р т и н н и й, або а н т р о п о г е н, загальною тривалістю понад 70 млн. років, з яких на четвертинний період припадає тільки 1 млн. років. Якщо мезозойська ера була часом розквіту плазунів і голонасінних рослин, то кайнозойська ера — час розквіту птахів, ссавців і покритонасінних рослин.

У п а л е о г е н і[2] — першому відділі кайнозойської ери — спочатку тривав відступання моря, збільшення суші; в результаті Європа з'єдналась через Великобританію, Ісландію і Гренландію з Північною Америкою. Цей міст між Європою і Америкою згодом не раз відновлювався і знову заливався водою при наступанні моря на сушу. Коли Європа з'єднувалась з Америкою, відбувався обмін фаунами.

Палеоген — час теплого клімату. Тропічна рослинність вкривала Західну Європу, південну половину Руської рівнини і поширювалась на область сучасної тропічної смуги Азії і Америки. На початку палеогену на території Середньої Європи росли вічнозелені дуби, лаври, коричні і камфорні дерева, магнолії, достигали волоські горіхи і винні ягоди. Разом з пальмами та араукаріями зустрічались липи, верби і вільха. Плющ і виноград обвивалися навколо стовбурів високих дерев. Під їх покривом у тінистих і вологих місцях росли різноманітні папороті, частково деревовидні. Із хвойних звичайні були болотні кипариси і мамонтові дерева. Дуже поширились тоді бамбуки.

Ще більш теплолюбною стає флора Європи в середині палеогену, коли в лісах дуже поширюються пальми, великі фікуси, евкаліпти, банани. Рослинність Європи дуже нагадувала тоді сучасну флору тропічної Азії.

В останній третині палеогену флора Європи ще зберігає тропічний характер, але разом з тим поряд з вічнозеленими тропічними дубами, лаврами і фікусами з'являються граби, тополі, клени — дерева з опадаючим листям, характерні для помірно теплої зони. У Північній частині Середньої Європи ростуть ліси янтароносної сосни. В янтарі — затверділій смолі цієї сосни — збереглося багато решток комах. Особливо великі скупчення янтарю є в Калінінградській області, на узбережжі Балтійського моря.

Очевидно, у палеогені існували численні птахи, але особливо цікавий розвиток ссавців.

На початку палеогену ссавці ще мало відрізнялись від своїх юрських предків — пантотеріїв, хоч уже намітились основні групи ссавців: к о м а х о ї д н і, г р и з у н и і х и ж а к и. Це були в основному дрібні звірки, які жили в лісових хащах і заростях. З хижаків незабаром виділились дві самостійні парості — спочатку к о п и т н і, а потім к и т о п о д і б н і. Серед ссавців були тварини з мішаними ознаками. Одна з таких груп — д и н о ц е р а т и («дивнороги»), велике місцепробування яких відкрили радянські палеонтологи в Монгольській Народній Республіці, недалеко від місцяпробування динозаврів, біля підніжжя хребта Немегету.

Будовою черепа і особливо зубів диноцерати схожі на копитних, саме жуйних, хоч зверху на черепі у них був поздовжній гребінь, характерний для хижаків. Решта тіла була витягнута, як у хижаків, з довгим хвостом, але кінцівки були досить масивними і більше нагадували ноги важких копитних. Живились диноцерати травою і, можливо, чагарниковою порослю. Диноцерати є безперечним доказом походження копитних від хижаків, хоч і не становлять прямої перехідної групи між ними. Диноцерати вже досить великі тварини — більші за вівцю, але менші за корову.

К и т и спочатку були невеликими, завбільшки з тюленя, тіло їх мало рибоподібну форму, а будовою зубів вони майже не відрізнялися від своїх хижих наземних предків — креодонтів; тільки пізніше кити досягли величезних розмірів, причому частина з них так і залишилась хижаками і зберегла зуби (кашалоти, дельфіни), а решта почала живитись планктоном — дрібними організмами, що плавають у воді в завислому стані.

[1] Від грецьких слів «кайнос» — новий і «зоє» — життя.

[2] *Палеоген* — назва, що має на увазі давній вигляд Землі і, зокрема, фауни (ссавців) того часу.

Хижаки майже до кінця палеогену були представлені групою креодонтів, що дали початок справжнім хижакам, які відрізнялись від своїх предків досконалішою будовою зубів, здатністю втягувати кігті і т. д. Креодонти досягали дуже великих розмірів — 7—8 *м* довжини і були найбільшими наземними хижаками серед ссавців.

У середині палеогену виникла група великих носорогоподібних ссавців — титанотеріїв («звірі-титани») [1], рештки яких також знайдено в Монголії. На відміну від носорогів титанотерії не мали рогів на черепі, але зате мали вирости (іноді у вигляді лопати) з порожниною всередині. Титанотерії живились болотяною рослинністю, і ці порожнини могли бути додатковими резервуарами для повітря, що давало змогу тваринам довго тримати морду під водою.

Приблизно в той самий час, коли з'явились титанотерії, від копитних відокремилась група хоботних, частина яких перейшла до водного способу життя (сирени), а частина способом життя нагадувала гризунів (дамани).

Давні хоботні були невеликі, з коротким хоботом. Лише згодом у них подовшав хобот і сталися зміни в будові зубного апарату, у тому числі різці перетворились у бивні.

Нарешті, у палеогені виникла ще одна важлива група ссавців — примати, до яких належать мавпи і людина. Примати, мабуть, походять від деревних лазячих форм комахоїдних. Найдавніші мавпи — лемури відомі з середини палеогену. Наприкінці палеогену з'явились собакоподібні мавпи. У неогені виникають людиноподібні мавпи, а на межі неогену і четвертинного періоду (близько 1 млн. років тому) — людина. Наприкінці палеогену вигляд архаїчної фауни ссавців починає змінюватися, наближаючись до сучасного.

Покритонасінні, або квіткові, рослини (і особливо трави) до середини кайнозою заселяли широкі рівнини, які поступово утворились після руйнування гір, що виникли наприкінці крейди. З'явились степи, виникла багата кормова база для травоїдних ссавців, яким стало вже «тіснувато» в лісі. Почалось освоєння степів. Першими туди прийшли копитні і гризуни, а за ними неминуче потягнулись і хижаки. Копитні рятувалися від хижаків втечею, а гризуни ховалися в норах. Деякі з копитних вдвоє були більші за слона, як, наприклад, гігантський носорог індрикотерій. Цілі кістяки цих велетнів викопано у верхньопалеогенових відкладах у Центральному Казахстані. Історія відкриття індрикотерія заслуговує на те, щоб про неї розповісти.

У 1912 р. у Тургайських степах на р. Джиланчик було знайдено кістки великих викопних тварин. А найближчим літом Геологічний комітет послав туди невелику експедицію під начальством Гайліта. По дорозі на Джиланчик зустрічні кочовики розповіли Гайліту про скупчення великих кісток на берегах озера Челкар-Тениз. На їх думку, там колись була битва велетнів, кістки яких і досі валяються по берегах озера. Захоплений розповідями казахів, Гайліт звернув на Челкар-Тениз. Тут справді виявилось багато кісток. Деякі з них досягали півтораметрової довжини і більше. Коли вичерпалися всі кошти, Гайліт повернувся в Петербург і, торжествуючи, заявив, що привіз цілого мамонта. Однак ніхто не поділив його захоплень, бо він свавільно змінив маршрут і в результаті привіз давно всім відомого мамонта. Ящики з кістками так і лишились стояти нерозпакованими, і тільки значно пізніше ними зацікавився проф. Олексій Олексійович Борисяк, майбутній академік, засновник і перший директор Палеонтологічного інституту Академії наук СРСР. Глянувши на кістки, Борисяк одразу побачив, що вони належать зовсім не мамонту, а якійсь невідомій тварині, до того ж більшій, ніж мамонт. Він назвав її індрикотерієм на честь казкового «індрика-звіра». Як виявилось, індрикотерій — це гігантський безрогий носорог (див. рис. на стор. 160—161).

На перший погляд, «безрогий носорог» звучить дивно. Справа в тому, що назву «носорог» було дано сучасним носорогам, яких вивчили значно раніше, ніж викопних, і лише порівняно недавно з'ясувалось, що найдавніші носороги були безрогими. Вони жили по узліссях і серед чагарників, іноді в степах і були рухливими тваринами, які, швидко бігаючи, рятувалися цим від хижаків. Але пізніше носороги перейшли до лісового способу життя. Швидкий біг у лісі був некорисний і неможливий, і носороги стають важкими, масивними тваринами з прекрасним захистом у вигляді рогів на черепі. Такими вони дожили й до наших днів.

[1] Правильніше називати цю групу бронтотеріями.

З ІСТОРІЇ ТВАРИННОГО СВІТУ ЗА ОСТАННІ 25 МІЛЬЙОНІВ РОКІВ[1]

У неогені[2] відбуваються дуже великі зміни на поверхні Землі. Це епоха альпійського горотворення, підняття найвищих хребтів земної кулі. Протягом неогену континенти і моря поступово набирають своїх сучасних обрисів. Наприкінці неогену піднялися гірські пасма Альп, Апеннін, Піренеїв, Атласу, гори Балканського п-ва і Карпати. Закінчилося утворення гір Кавказу, піднесли до хмар свої вершини гори Ірану, Копет-Даг, Памір, грандіозні хребти Гімалаїв і гори Індокитаю.

По східному узбережжю Тихого океану закінчилось утворення Кордільєр та Анд з їх величезними вулканами, а вздовж східного узбережжя Австралії та Азії піднялися гірлянди Новозеландських, Зондських, Філіппінських і Японських островів, Сахалін і димуче пасмо Курільських вулканів.

Піднялися і давні палеозойські гори Сибіру і Середньої Азії. На місці майже вирівняних областей з'явилось «відроджене» гірське громаддя Тянь-Шаню, виникли брилові гори в межах Алтаю, Прибайкалля.

Наприкінці неогену утворився рельєф, близький до сучасного.

Змінились і кліматичні умови; у гірських областях Європи з'явились перші льодовики.

Ці зміни мали великий вплив на розвиток органічного світу. Насамперед протягом неогену змінилася рослинність. В Європі поступово відступили на південь пальми, лаври, мирти, банани й інші тропічні та субтропічні рослини. Замість них поширились дерева з опадаючим листям і хвойні.

У другій половині неогену в Сибіру, Китаї, Монголії великі простори зайняли степи, що поросли злаками.

Тваринний світ стає схожим на сучасний.

Для неогену дуже характерна так звана гіпаріонова фауна, про яку ми згадували на самому початку. Вона пішла від гіпаріона — трипалого коня, який близько стоїть до предків сучасного коня. Крім гіпаріона, до складу цієї фауни входили степові носороги, мастодонти, свині, антилопи, газелі й інші копитні, а також гризуни та хижаки — шаблезубі кішки, гієни і т. д. Усі ці тварини жили в степах типу саван, вкритих високими травами, чагарниками й окремими деревами. Гіпаріонова фауна сформувалась у середині неогену — 12—15 млн. років тому; батьківщина її — Центральна Азія. Звідси гіпаріонова фауна поширилась далеко на захід і південь. Відомо багато місць пробування цієї фауни; найбільші з них: Сіваліки — у південних передгір'ях центральної частини Гімалаїв, Алтан-Теелі — у Західній Монголії, Павлодарське — у Казахстані, на півдні України та ін.

Потомки гіпаріонової фауни дожили до наших днів, вони водяться в східній частині Центральної Африки: це носороги, жирафи, зебри, антилопи, страуси і т. д.

За потужними горотворними рухами в неогені, коли піднялись Альпи, Кавказ, Памір, Гімалаї та інші гірські хребти, сталось одне з найбільших зледенінь в історії Землі, яке відбувалося в четвертинний період[1]. У льодовикові й міжльодовикові епохи формувався сучасний ландшафт. Четвертинна фауна безпосередньо зв'язана з сучасною, будучи для неї вихідною, або предковою.

Деякі представники четвертинної фауни вимерли; це насамперед печерна фауна: печерні леви, печерні ведмеді і печерні гієни, що, мабуть, нерідко полювали на наших предків, житлом яких тривалий час були печери. Зникли гігантські носорогоподібні тварини — еласмотерії, а також волосаті, або шерстисті, носороги і найближчі родичі слонів — мамонти.

Зовсім недавно, у середині четвертинного періоду, у низах Волги водились довгорогі бізони, гігантські і благородні олені, верблюди, носороги, коні, трогонтерієвий слон і інші тварини. На Кавказі носороги і печерні хижаки, виявлені під час розкопок на Апшеронському п-ві, жили у верхньочетвертинний час, тобто всього кілька тисячоліть тому.

ЧОМУ ОДНІ ТВАРИНИ І РОСЛИНИ ВИМЕРЛИ, А ІНШІ ПОЯВИЛИСЬ

Оглядаючись на історію тваринного і рослинного світу, ми бачимо його безперервні зміни, поступовий розвиток (еволюцію) від простішого до складнішого. Причиною змін тва-

[1] Історію органічного світу в четвертинний період викладено в статті «Де та коли виникли люди на Землі» (див. стор. 201).

[2] Назва «неоген» має на увазі новий вигляд земної поверхні, нову фауну на Землі.

[1] *Четвертинний період* вважали спочатку ерою, і названо його в зв'язку з початковим поділом історії Землі на чотири ери.

рин і рослин була і є поступова зміна навколишнього середовища, тобто тих фізико-географічних умов (рельєфу, водного режиму, клімату, рослинності і тваринного світу), в яких існує тварина і рослина і до яких вона повинна бути добре пристосована. Пристосовуючись до зовнішнього середовища, яке постійно змінюється, тварини і рослини поступово змінювались, утворюючи нові види.

Якщо ж тварини або рослини не встигали пристосуватись до нового середовища, вони неминуче вимирали. Вимирання одних і виникнення нових тварин та рослин ми бачили на багатьох прикладах. Це і є історія тваринного і рослинного світу. Причиною зміни фізико-географічних умов були і є геологічні процеси, що відбувалися і відбуваються в земній корі під дією внутрішніх сил (розпад радіоактивних елементів та ін.), які примушують її прогинатись і підніматись і тим самим змінювати обриси материків та морів, оживляти або послаблювати діяльність рік тощо.

Зв'язок тварин із середовищем і зміни їх під впливом навколишнього середовища були доведені великим англійським природознавцем Чарлзом Дарвіном і блискуче підтверджені на ряді прикладів з викопними копитними (коні, парнокопитні) послідовником великого Дарвіна талановитим російським палеонтологом минулого століття Володимиром Онуфрійовичем Ковалевським (див. том 4 «ДЕ»), вчення якого розвивають радянські палеонтологи.

ЯК ВИВЧАЮТЬ ВИКОПНИХ ТВАРИН

Щоб правильно зрозуміти історію життя на Землі, треба знати причини, які змінили тварину, треба розібратися в тому, чому вона стала такою, в якому напрямі діяли ці причини.

Але як же про все це дізнатись? На це питання дає відповідь сама тварина: її будова завжди пристосована до навколишнього середовища. Значить, треба починати з вивчення будови тварини, з вивчення її кісток. Однак самі по собі кістки ще нічого не скажуть, треба їх порівняти з чимсь нам відомим, щоб зрозуміти, чому саме вони мали таку форму. Порівняти їх можна з кістками сучасних тварин. Нехай тепер немає таких тварин, які були раніше, але зони, де вони водились (моря, ріки, повітря, гори, ліси, степи і т. д.), хоч і перемістилися з давніх часів, залишились в основних обрисах подібними до сучасних. У цих зонах водяться тварини, які пристосовані до навколишніх фізико-географічних умов і залежно від них мають певну будову (у птахів — крила, у риб — плавці і певна форма тіла і т. д.). Отже, умови існування визначають будову тварини. Тому, знаючи по сучасних тваринах, як їх будова зв'язана з навколишнім середовищем, ми можемо вважати, що й викопні тварини, які мають подібну будову, жили в схожих умовах. Адже ніхто не бачив, як літав крилатий ящір або плавав іхтіозавр, але всі в цьому впевнені. Чому? Та тому, що сучасні тварини, які схожі за будовою передніх кінцівок на крилатого ящера (наприклад, кажани), є літаючими формами, так само як і іхтіозавр подібний до дельфіна, який, як відомо, може жити тільки у воді.

Отже, відновлюючи вигляд тварини, ми зможемо дізнатись і про ті умови, в яких тварина існувала.

Простежуючи історію якої-небудь групи тварин (слонів, коней, динозаврів і т. д.), ми можемо відновити й історію фізико-географічних умов того часу.

Більш того, напрям, в якому змінювалися ці умови, пояснить нам причини і покаже шляхи розвитку цієї групи тварин, бо історія зміни тваринного світу нерозривно зв'язана з історією зміни його навколишнього середовища.

Такий досить складний, але єдино правильний шлях палеонтолога. Тільки йдучи цим шляхом, він досягне того, що його міркування матимуть під собою строго наукову основу. Відновити середовище викопних безхребетних легше, бо його безпомилково можна визначити за характером відкладів, в яких знайдено тварину. Адже місцеперебування, як правило, збігається і з місцем поховання, тоді як у хребетних тварин (крім водних) місце, де вони водились, як правило, не збігається з місцем поховання.

ЯК ЗБЕРІГАЮТЬСЯ РЕШТКИ ТВАРИН І РОСЛИН

Труп наземної хребетної тварини добре може зберегтися звичайно в умовах водного середовища. На земній поверхні він дуже швидко знищується: спочатку падлоїдні тварини пожирають м'які частини, а потім під дією вивітрювання (зміни температур, хімічних реакцій, механічного руйнування тощо) руйнуються й кістки. У водних басейнах, де весь час нагромаджуються осади, утворюються спри-

ятливі умови для збереження. Чим швидше труп вкриється осадами, тим краще він збережеться. Найбільші скупчення решток наземних хребетних утворюються або в дельтових частинах рік, де відкладається найбільше тонкозернистих осадів (піщано-глинистих), або в передгірних западинах, куди ріки і особливо тимчасові потоки виносять велику кількість грубого уламкового матеріалу (брекчія, галька, гравій).

Розмір «кладовища» викопних залежить від кількості трупів тварин: їх може бути досить багато (сотні, а іноді й тисячі) внаслідок стихійного лиха — поводі, пожежі від блискавки, землетрусу, будь-якого заразного захворювання тощо. Поводі особливо сприяють масовому похованню, бо багато тварин одразу потрапляє у воду. І тепер під час поводей буває, що гине багато диких тварин. Звичайно, такі самі поводі відбувались і мільйони років тому. Текучі води (річки, потоки) сприяють концентрації решток тварин, а в спокійних водах — озерах, болотах — тварини поховані звичайно у вигляді кістяків або частин кістяка, іноді навіть однієї кістки. Ось чому в дельтах рік і в передгірних западинах утворюються найбільші скупчення решток тварин.

Труп або частина трупа, занесена осадами, зазнає хімічних перетворень. М'які тканини, якщо вони залишились, згнивають, а тверді — кістки — «кам'яніють», або мінералізуються, тобто органічна речовина заміщується в них мінеральною, яка надходить з навколишнього осаду. З часом дно водного басейну, де лежать кістки тварин, стане сушею, яка зазнає руйнування — насамперед текучими водами у вигляді рік і потоків. При цьому руйнуванні буде розкрито і кістконосний пласт; з нього почнуть вимиватись кістки. Це й буде сигналом для початку палеонтологічних розшуків і розкопок.

РОЗШУКИ І РОЗКОПКИ РЕШТОК ДАВНІХ ТВАРИН

Розшукувати рештки хребетних значно важче, ніж безхребетних, бо хребетних у поховання потрапляє значно менше. Щоб виявити ці рештки, потрібні спеціальні розкопки, особливо коли вони належать великим тваринам і до того ж часто бувають крихкі. Знання закономірностей поховання значно полегшує розшуки. Коли виявлено перші кістки, треба встановити кістконосний горизонт, тобто шар, з якого вони випали,— він буде на рівні кісток або вище (кістки могли скотитися вниз по схилу). У кістконосному горизонті кістки мають корінне залягання, тобто лежать у породі в тому самому положенні, яке займали під час поховання. Якщо, наприклад, у корінному заляганні був цілий кістяк, то на початку розмивання кістконосного горизонту окремі кістки цього кістяка скочуватимуться вниз по схилу, потраплятимуть в осип. Невимита частина кістяка стирчатиме в схилі, заходячи вглиб. У кістконосному горизонті починають розкопки, знімаючи зверху всю породу до рівня залягання кісток. На місці розкопок виходить горизонтальна площадка. Для прискорення робіт і кращого збереження кісток їх беруть разом з породою — моноліта ми. Для цього ділянку породи з кістками оконтурюють звідусіль у вигляді бруска, за формою якого збивають ящик, спочатку без дна і кришки. Після того як таку раму надінуть на моноліт, щілини між стінками рами і породою заливають рідким гіпсом, який, затвердівши, не дає рухатись моноліту всередині ящика. Потім прибивають кришку. Після цього моноліт підрубують знизу і повертають на кришку, знов заливають усі пустоти гіпсом і прибивають дно. У такому вигляді кістки можна транспортувати на великі відстані: з ними нічого не станеться.

НАВІЩО ТРЕБА ВИВЧАТИ РЕШТКИ ВИМЕРЛИХ ТВАРИН І РОСЛИН

Вивчення решток тварин і рослин має величезне практичне значення в геології. По цих рештках можна судити, які шари давніші, які молодші, тобто можна відновити всю послідовність відкладів шарів земної кори, оскільки кожна тварина існувала в певну епоху, якій відповідають у часі шари, що містять рештки цієї тварини. Саме так і було складено зведену геохронологічну таблицю (див. стор. 161) — на підставі зіставляння викопних фаун і флор.

Тепер ми тільки уточнюємо цю шкалу, вписуємо в неї додаткові дані. Наприклад, якщо ми виявили рештки динозавра, то ми вже відразу говоримо, що шари з цими рештками можуть бути тільки мезозойського віку. Порівнявши знайдені рештки динозаврів із вже вивченими, ми уточнюємо вік шарів з точністю до геологічного періоду. Якщо цей динозавр не був ще відомий у науці, то за співвідношен-

ням з найближчими йому спорідненими формами, вже описаними, ми досить точно визначимо і його місцеположення в геохронологічній шкалі. Значить, історія життя на Землі допомагає відновити геологічну історію самої Землі. Іншими словами, рештки викопних тварин і рослин служать для визначення геологічного віку шарів земної кори. Для морських відкладів першорядне значення мають рештки безхребетних тварин, а для континентальних відкладів — рештки хребетних тварин і рослин.

Установити геологічний вік необхідно не тільки для з'ясування історії Землі,— це необхідно при будь-яких геологічних дослідженнях, і насамперед для розвідувань корисних копалин які поширені в земній корі неабияк, а пов'язані з шарами Землі певного геологічного віку.

Отже, ми ознайомилися з розвитком життя на нашій планеті. Ми знаємо тепер, що вивчення цього питання не просто цікаве саме по собі, але має велике наукове і практичне значення. Без даних палеонтології неможливо було б довести єдність органічного світу в природі, показати його походження і розвиток, установивши тим самим, що життя на Землі не створене надприродною силою. Життя розвивалось тривалий час з дуже простих форм, які виникли з неживої природи внаслідок певних сприятливих умов, що створились на Землі, внаслідок притаманної всякій матерії, як живій, так і неживій, властивості постійно змінюватись, постійно розвиватись.

ДЕ ТА КОЛИ ВИНИКЛИ ЛЮДИ НА ЗЕМЛІ

ВЕЛИКЕ ЗЛЕДЕНІННЯ ЗЕМЛІ

Близько двох мільярдів років відділяє нас від часу, коли вперше виникло на Землі життя. Якщо написати книгу про історію життя на Землі і на кожні сто років відвести одну сторінку, то, щоб лише перегорнути сторінки такої книги, потрібно було б ціле людське життя. Ця книга містила б близько 20 млн. сторінок і була б завтовшки до двох кілометрів!

Наші відомості з історії Землі добуто працею багатьох учених різних спеціальностей усього світу. В результаті багаторічних досліджень решток рослин і тварин було зроблено дуже важливий висновок: життя, раз виникнувши на Землі, протягом багатьох десятків мільйонів років безперервно розвивалося. Цей розвиток ішов від найпростіших організмів до складних, від нижчих до вищих.

З дуже просто побудованих організмів під дією зовнішнього фізико-географічного середовища, яке безперервно змінюється, виникали дедалі складніші істоти. Тривалий і складний процес розвитку життя привів до виникнення знайомих нам видів рослин і тварин, у тому числі людини.

З появою людини почався наймолодший період в історії Землі, який триває й тепер. Він називається четвертинним періодом, або антропогеном[1].

Порівняно не тільки з віком нашої планети, а навіть і з часом початку розвитку життя на ній четвертинний період зовсім незначний відрізок часу — лише 1 млн. років[2]. Проте за цей відносно короткий проміжок часу стались такі величні явища, як утворення Балтійського моря, відокремлення островів Великобританії від Європи і Північної Америки від Азії. У цей самий період не раз порушувався і відновлювався зв'язок між Аральським, Каспійським, Чорним і Середземним морями через Узбой, Манич і Дарданелльську протоку. Відбувались значні опускання і підняття величезних ділянок суші і зв'язані з ними наступання і відступання морів, які то заливали, то звільняли величезні території суші. Особливо великий був розмах цих явищ на півночі і сході Азії, де ще в середині четвертинного періоду багато полярних островів становили одне ціле з материком, а моря Охотське, Лаптєвих і інші були внутрішніми басейнами, як сучасний Каспій. У четвертинному періоді оста-

[1] Від грецьких слів «антропос»—людина і «генос»—народження, походження.

[2] Багато геологів тепер схиляється до того, що тривалість цього періоду слід збільшити втроє.

Реставрація льодовикового ландшафту в районі Валдайської височини

точно утворились високогірні хребти Кавказу, Алтаю, Альп та інші.

Словом, протягом цього часу материки, гори і рівнини, моря, ріки і озера набрали знайомих нам обрисів.

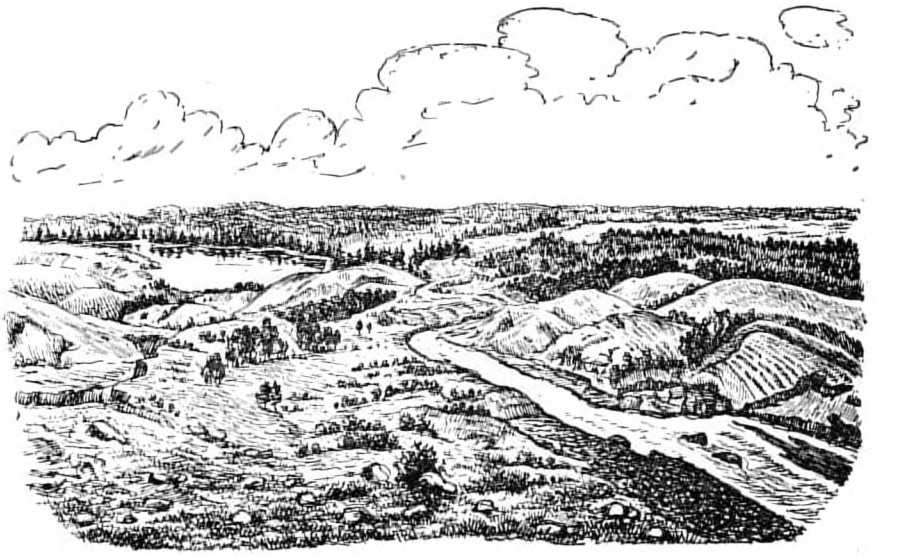
На початку четвертинного періоду тваринний світ ще дуже відрізнявся від сучасного.

Наприклад, на території, яку тепер займає СРСР, були дуже поширені слони, носороги, а в Західній Європі було ще так тепло, що там нерідко траплялись гіпопотами. Як в Європі, так і в Азії жили страуси, які збереглися тепер тільки в теплих країнах — в Африці, Південній Америці і Австралії. На території Східної Європи і Азії існував тоді дивовижний звір, який тепер вимер,— еласмотерій, значно більший за сучасного носорога. Еласмотерій мав великий ріг, але не на носі, як у носорога, а на лобі. На його шиї, завтовшки понад метр, були могутні м'язи, які керували рухами величезної голови. Улюбленими місцями пробування цієї тварини були заливні луки, стариці та заплавні озера, де еласмотерій знаходив для себе достатню кількість соковитої рослинної їжі.

Немало було на Землі в той час і інших тварин, які тепер вже зникли. Так, в Африці ще траплялись предки коня — гіпаріони, з трьома пальцями, які мали копита. На гіпаріонів там навіть полювала первісна людина. Існували в той час шаблезубі коти з короткими хвостами і величезними кинджалоподібними іклами; жили мастодонти — предки слонів і численні інші тварини.

Клімат на Землі був тепліший порівняно з сучасним. Це позначалось як на фауні, так і на рослинності. Навіть у Східній Європі були дуже поширені граб, бук, ліщина.

Великою різноманітністю, особливо в Південній Азії та Африці, відзначались тоді людиноподібні мавпи. Наприклад, у Південному Китаї і на о-ві Яві жили дуже великі мега́нтропи і гіга́нтропітеки, що важили до 500 *кГ*. Поряд з ними там же знайдено і рештки тих мавп, які були предками людини.



Та сама частина Валдайської височини — сучасний краєвид.

Минали тисячоліття. Клімат ставав дедалі прохолоднішим. І от близько 200 тис. років тому в горах Європи, Азії, Америки заблищали льодовики, що почали сповзати на рівнини. На місці сучасної Норвегії з'явилась льодовикова шапка, яка поступово ширшала. Наступаючи, лід вкривав все нові й нові території і відтискав тамтешніх тварин і рослини на південь. Льодова пустиня виникла на величезних просторах Європи, Азії і Північної Америки. Подекуди товща льодового покриву досягала 2 *км*. Настала епоха великого зледеніння Землі. Величезний льодовик то трохи вкорочувався, то знову просувався на південь. Досить довго він затримався на тій широті, де тепер розташовані міста Ярославль, Кострома, Калінін.

На заході цей льодовик вкривав Британські острови, зливаючись з місцевими гірськими льодовиками. У період свого найбільшого розвитку він спускався на південь від широти Лондона, Берліна і Києва.

Просуваючись на південь на території Східно-Європейської рівнини, льодовик натрапив на перепону у вигляді Середньо-Руської височини, яка поділила цей льодовий покрив на два велетенських язики: Дніпровський і Донський. Перший рушив по долині Дніпра і заповнив Українську западину, але в своєму русі був зупинений Азово-Подільськими висотами на широті Дніпропетровська, другий — Донський — зайняв величезну територію Тамбовсько-Воронезької низовини, але не міг піднятись на південно-східні відроги Середньо-Руської височини і зупинився приблизно біля 50° пн. ш.

На північному сході величезний льодовик вкрив Тіманський кряж і злився з другим таким же велетнем, що наступав з Нової Землі і Полярного Уралу.

В Іспанії, Італії, Франції і в інших місцях льодовики з гір сповзали далеко в низини. В Альпах, наприклад, спустившись з гір, льодовики утворили суцільний покрив. Значного зледеніння зазнала також і територія Азії. Із східних схилів Уралу і Нової Землі, з Алтаю і Саян почали сповзати льодовики в низини. Назустріч їм поволі рушили льодовики з правобережних висот Єнісею і, можливо, з Таймиру. Зливаючись разом, ці велетенські льодовики вкрили всю північну і центральну частини Західно-Сибірської рівнини.

На схід від Єнісею, в Якутії, поступово скупчувались сніги, які не встигали танути за коротке літо. Вони перетворювались у потужні нерухомі льодові поля. Безліч льодовиків з'явилось у горах Далекого Сходу і Південної Азії, на Японських о-вах, на Тайвані. Майже вся північна частина Азії була похована під снігом і льодом.

Товстий сибірський льодовиковий покрив створив природну греблю, що закрила стік водам Обі, Іртиша, Єнісею і, можливо, Лени. Тому на південь від краю льодовика, у межах сучасної Західно-Сибірської рівнини, виникло величезне озеро, або, вірніше, ціла сітка озер, які сполучались між собою. Зайвину своїх вод ці озера віддавали через Тургайську протоку Арало-Каспійській западині. У межах Вілюйської западини утворилось величезне безстічне озеро.

Як далеко спускались у долини гірські льодовики Південного Сибіру, тепер ще сказати не можна, але можна припустити, що талі води їх досягали місця, де тепер м. Павлодар на Іртиші.

Як і Євразія, значного зледеніння зазнали і деякі інші країни. Так, у Північній Америці льодовиковий покрив утворився з трьох величезних льодовиків, які розвинулись у трьох центрах — Лабрадорському, Ківатинському і Кордільєрському.

Південна межа цього гігантського льодовика проходила значно далі на південь від Великих озер, але північно-західна кінцевість материка, мабуть, залишалась вільною від льоду. Дуже багато вчених вважає, що як в Євразії, так і в Америці було кілька (від чотирьох до шести) льодовикових епох (зледенінь), які переривались теплішими міжльодовиковими епохами, коли льоди вкорочувались принаймні до сучасних розмірів. Перше з четвертинних зледенінь, на думку цих учених, було до великого зледеніння на початку четвертинного періоду. Проте скрізь холодолюбна фауна поширювалась далеко за сучасні її межі лише один раз — у четвертинному періоді. Це говорить на користь одного зледеніння, яке зазнавало значних коливань в бік то ослаблення, то посилення.

Історія танення величезного льодовикового покриву, особливо останньої його стадії, вивчена дуже старанно на території Великих озер Північної Америки і багато в чому нагадує історію озерної частини Північної Європи.

У Південній півкулі Землі також знайдено сліди давнього зледеніння, хоч і значно меншого масштабу, і тільки в горах. Снігова лінія в той час проходила тут на кілька сотень метрів нижче від сучасної, а місцями льодо-

вики спускались майже до моря (у Новій Зеландії).

У Південній Америці зледеніння виявлено в Андах.

В Африці, навіть в екваторіальній частині, льодовики спускались із схилів вулканів Кенія і Кіліманджаро на 2700 *м* нижче, ніж тепер. Льодовики відмічено також у горах Атласу.

В Австралії сліди льодовиків знайдено в Австралійських Альпах, де вони спускались до 1000 *м* над рівнем моря.

Клімат у Південній півкулі, навіть під час найбільшого розвитку зледеніння, не був таким суворим, як в Євразії і Північній Америці, але відзначався більшою вологістю.

Велике зледеніння Землі, звичайно, відбилось на тваринному і рослинному світі.

У цей час на рівнинах Східної Європи поряд з оленями, вовками, лисицями і бурими ведмедями з'являються арктичні холодолюбні види тварин: шерстистий носорог і мамонт, мускусний вівцебик, північний олень, песець, біла куріпка, лемінги. Вимирають теплолюбні види: носорог Мерка, елесмотерій, печерні гієни, печерний ведмідь та інші тварини, які не пережили епохи великого зледеніння.

У горах Кавказу і Закавказзя, в Альпах, Карпатах і Піренеях альпійські види тварин спускаються до долин, а північні проникають далеко на південь і на захід. У Криму, наприклад, постійними мешканцями стають біла куріпка, песець, засць, північний олень, полярні жайворонки і деякі альпійські птахи.

Ця фауна була дуже поширена, кістки її представників — мускусного вівцебика, мамонта, північного оленя, шерстистого носорога — виявлено серед кухонної покиді в стоянках людини палеоліту — давньокам'яного віку — по всій Західній Європі і Азії до Північного Китаю включно. Мамонт і його постійний супутник — шерстистий носорог проникли на південь до Іспанії та Італії і на захід — до островів Великобританії включно. Ці самі тварини населяли і всі простори Східного та Західного Сибіру аж до найбільш північних його окраїн і Північну Америку.

Тільки Австралія, Індонезія, Південна і Центральна Африка зберігали свою колишню фауну, хоч вона й стала помітно біднішою, бо багато видів тварин вимерло. У складі фауни Північної Африки з'явились види, що прийшли з Південної Європи і частково з Азії.

Наприкінці епохи великого зледеніння на території Європи та інших частин світу фауна має багато представників сучасних тварин, хоч водились вони не в тих місцях, де водяться тепер.

Деякі представники холодолюбної фауни у вигляді здрібнілих потомків крупніших предків ще доживають свій вік у лісах Кавказу (зубри), пустинях Монголії (кулани, дикі верблюди) і степах Північної Америки (бізони, вівцебики).

Велике зледеніння було однією з найважливіших подій в історії Землі, які сталися в четвертинному періоді. Його вплив на розвиток життя на Землі був дуже великий. Тепер є підстави вважати, що ми живемо наприкінці великого зледеніння Землі. Лише 10—11 тис. років тому зник лід з північного узбережжя Балтійського моря; близько 4 тис. років тому він зник на Скандінавському п-ві. Сучасне зледеніння Гренландії і Антарктиди — це також рештки зникаючих льодовиків великого зледеніння Землі. Величезні материкові зледеніння були властиві не тільки четвертинному періоду — вони відбувались і в давніших періодах історії Землі.

КОЛИ І ЯК ВИНИКЛА ЛЮДИНА

Найхарактернішою особливістю четвертинного періоду, яка відрізняє його від усіх інших геологічних періодів, слід вважати появу людини. Це було подією величезної ваги: на Землі вперше з'явилась істота, відмінна від усіх інших організмів, що будь-коли населяли нашу планету. Ця нова істота — людина, яка виділилась з тваринного світу, зв'язана з ним рядом перехідних форм.

Читач уже знає, які мінливі умови життя впливали на тварин і рослини. Одні види тварин вимирали, другі пристосовувались до нових умов, або утворювали нові види та різновидності, або переходили в інші місця. Зміна середовища позначилась і на розвитку людини, тільки людина поводила себе інакше. Вона не вимерла в епоху найбільшого зледеніння Землі, коли величезні території опинились під товстим шаром льоду. Людина вступила в боротьбу з силами природи. Вона почала виробляти з каміння різноманітне знаряддя праці та полювання, знаряддя для обробки шкір і пошиття хутряного одягу; вона не тільки використала під житло природні печери та навіси, а й споруджувала спеціальні житла.

Коли ж виникли перші люди? Хто були предки людей? Як на Землі з'явились люди

і чим вони відрізняються від інших істот, які населяють Землю?

Релігії різних народів відповідають на ці питання дуже просто. Близько 7 тис. років тому іудейський бог Ягве (Ісгова) створив з глини першу людину — Адама, а потім під час сну вийняв у нього ребро і зробив жінку — Єву. Єгиптяни вважали, що бог Хнум виліпив перших людей з глини на гончарному крузі. Греки вірили, що бог грому і блискавки Зевс (головний бог) також виліпив людей з глини, а богиня Афіна одухотворила їх. Щоб надати більше правдоподібності таким легендам, ці цифри «уточнювались». Так, папа Григорій XIII обчислив, що Адама було створено в 5199 р. до н. е., а один «учений» твердив, що це сталося в 4004 р. до н.е., 23 жовтня о 10 годині ранку. Вказувалось також, що зріст Адама, наприклад, був 123 фути 9 дюймів[1], а Єви — 118 футів 9 дюймів[2]. На підтвердження цього показували кістки мамонта, які вважали за рештки святих людей і іноді зберігали їх навіть у церквах, наприклад, у Відні в церкві св. Стефана.

Зрозуміло, що про предків людини жодна релігія нічого не говорить, бо, з релігійної точки зору, їх у людини не існувало: вона відразу була створена такою, якою ми її знаємо; розходження можуть бути тільки щодо зросту людини.

На запитання, чому на Землі виникла людина — істота розумна і різко відмінна від усіх інших земних істот, релігія відповідає, що так захотів бог: побачивши, яка гарна створена ним Земля, він вирішив створити розумну істоту — людину.

Наукою доведено, що людина не створена богом, а виділилась з тваринного світу близько мільйона років тому внаслідок тривалого, близько 30 млн. років, розвитку її мавпоподібних предків. Учені встановили це на підставі даних різних наук.

Палеонтологія (наука про вимерлих тварин і рослини) і антропологія (наука про будову та розвиток людського тіла) показали, якими були предки людини. Геологія і геохімія дали можливість визначити час існування перехідних форм між людиною і тими тваринами, від яких походять люди, і, нарешті, археологія (наука, що вивчає речові пам'ятки давньої матеріальної культури людини і розвиток найдавніших етапів людського суспільства) розкрила перед нами історію виникнення та розвитку людського суспільства, його виробничих відносин, ідеології і т. д.

Так, спільними зусиллями вчених різних спеціальностей було доведено, що за будовою кістяка і м'язів, за хімічним складом крові і ряду інших ознак у людини найбільше схожості з людиноподібними мавпами.

Але й відмінності між людиною і мавпами, не кажучи вже про інших тварин, дуже великі. Жодна тварина, у тому числі й мавпа, не виготовила жодного знаряддя праці, навіть найпростішого, не розколола кремінь, щоб мати різальну пластинку — ніж або скребачку. Жодна тварина не вміє висловлювати за допомогою членоподільної мови своїх почуттів. Є й інші відмінності людського організму від тваринного. Але найголовніше, що відрізняє людину від тварини,— свідома праця, за допомогою якої вона виробляє всі потрібні їй засоби існування, і членоподільна мова.

Проте, незважаючи на велику кількість спільних ознак у людини з мавпою, *жодна з теперішніх мавп не була предком людини.* Як показує вивчення багатьох знахідок, людиноподібні мавпи, з яких одні дали людину, а другі — сучасних людиноподібних мавп, виникли від дріопітеків — невеликих мавп, які жили близько 25 млн. років тому. Потім серед потомків дріопітеків з'явились порівняно великі — близько 150 *см* заввишки — людиноподібні мавпи. Вони мали пряму ходу і за фізичним розвитком наближалися до людини. Нарешті, близько 1 млн. років тому з цієї групи мавп на Землі виникли перші мавполюди: спочатку пітекантропи[1], а потім синантропи.

Уперше кістки пітекантропа знайдено ще в 1891 р. на о-ві Яві, у шарах, вік яких геологи визначають приблизно в 1 млн. років.

Існування проміжних форм між мавпою і людиною передбачав ще Дарвін. І це наукове передбачення блискуче підтвердилось. Судячи з розмірів стегна, пітекантропи були великі істоти, на зріст близько 170 *см*. Допускають, що пітекантропи вже вміли виробляти дуже грубі знаряддя з каменю, бо їх знайдено на Яві в шарах приблизно того самого часу, що й кістки пітекантропів. Але чи вміли пітекантропи користуватись вогнем, поки що невідомо.

[1] 37 *м* 13 *см*.
[2] 35 *м* 63 *см*.

[1] По-грецькому «пітекос» — мавпа, «антропос» — людина.

У 1927 р. англійський учений Д. Блек описав викопну форму предків людини, знайдену в печерах поблизу Пекіна. У наступні роки китайський археолог Пеи і інші вчені знайшли там кістки багатьох мавполюдей різного віку і статі, які були названі синантропами, тобто китайськими мавполюдьми. Разом з рештками синантропів знайшли товсті шари попелу, кам'яне знаряддя, а також кістки тварин, на яких синантропи полювали. Синантропи були трохи менші, ніж пітекантропи: чоловіки — близько 163 *см*, а жінки — близько 152 *см*. Синантропи порівняно з пітекантропами вже пішли вперед у своєму розвитку. Об'єм[1] їх мозку в середньому був 1050 *см*³, тоді як у пітекантропів — 850 *см*³.

Синантроп.

Синантропи ще дуже відрізнялися від сучасних людей, але разом з тим у них було й дуже багато спільного з ними. Вони користувались вогнем, і це було величезним завоюванням в історії людства. Знахідка синантропів і пітекантропів була великою перемогою матеріалістичного вчення про походження людини.

З часу появи на Землі мавполюдей починається найдавніша історія людського суспільства.

Близько 300 тис. років тому на Землі розвинулись від мавполюдей нові істоти, які становлять останню ланку між людиною сучасного типу і мавполюдиною. Ці нові істоти були названі неандертальцями (від назви Неандерської долини в Німеччині, де було зроблено знахідку в 1856 р.) або палеантропами, що означає «стародавні, первісні люди». Первісні люди були порівняно високі на зріст, близько 160 *см*, і досить сильні; їх велика, довгаста голова сиділа на товстій короткій шиї, яка з тильного боку становила немов одне ціле з плоскою потилицею. Низький скошений назад лоб з нависаючим над очима надбрів'ям, під яким ховались невеликі очі; підборіддя скошене назад, як у мавп, а не виступає, як у нас; широкий ніс — такий був портрет нашого близького предка. Величезною перевагою неандертальця, як і його предків, перед тваринами була пряма хода. Це звільняло руки для вироблення різних знарядь праці та полювання. Поряд із збиранням плодів та коріння полювання було головним джерелом існування наших предків.

Кістяки і частини кістяків первісних людей, а також рештки їх матеріальної культури було знайдено в різних місцях як на території СРСР, так і за рубежем в усіх країнах, крім Америки, куди людина проникла близько трьох десятків тисяч років тому, і Австралії, де вона з'явилась значно пізніше.

Протягом багатьох десятків тисяч років люди вдосконалювали свою майстерність обробки каміння і, мабуть, дерева. Поступово змінювався і зовнішній вигляд людини. Дедалі більше первісні люди почали скидатись на сучасних.

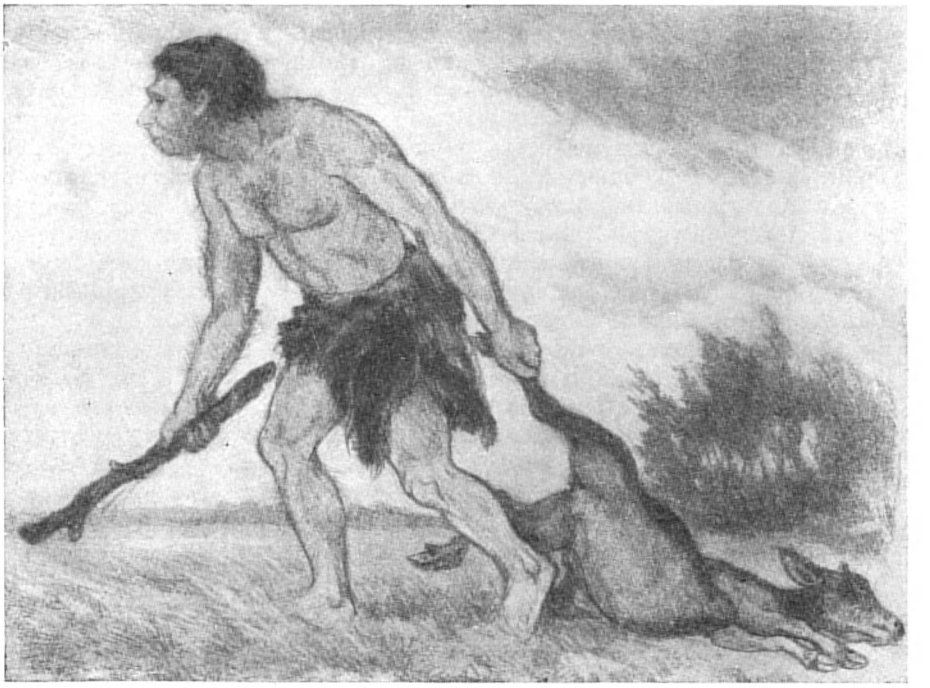
До того часу, коли велике зледеніння Землі досягло найбільших розмірів, первісна людина зуміла пристосуватись до нових умов життя, навчилась добувати вогонь[1], виготовляти хутряний одяг, виробляти різноманітне кістяне, дерев'яне і кам'яне знаряддя. Сама вона вже стала зовсім схожа на сучасну людину. Цю дату в історії Землі і вважають часом появи неантропів (що означає «нові люди»), або розумних людей. Їх часто називають мисливцями за мамонтами і північними оленями, бо серед мисливських трофеїв, які знаходять у рештках людських стійбищ, знаходять іноді величезну кількість цих тварин.

У наступні тисячоліття фізичний вигляд людини змінювався не в такій значній мірі, але людство пішло швидкими кроками по шляху культурного розвитку, пізнання та завоювання природи. На межі з сучасністю, 12—7 тис. років тому, людство збагатилось на новий чудовий винахід: лук і стріли. Це відразу розширило можливості полювання, яке, як і раніше, залишалось головним джерелом існування людини. Носороги вже давно вимерли, а здрібнілі мамонти доживали свій вік на півночі Сибіру. Величезний льодовиковий покрив, який доходив в епоху найбільшого роз-

[1] Середній об'єм людського мозку близько 1500 *см*³.

[1] До цього часу вона вміла тільки підтримувати вогонь, випадково взятий нею, наприклад, від блискавки.

витку майже до широти Дніпропетровська, танув. Його південна межа проходила в цей час біля широти Ленінграда. В історії людства настала мезолітична, а потім новокам'яна епоха — неоліт. Влада людини над природою розширилась. Одне за одним ідуть дуже важливі відкриття і винаходи. Майже одночасно з винайденням лука в мезоліті людина приручила в одних місцях шакала, в інших — вовка і здобула собі домашнього собаку. Потім у неоліті було відкрито дуже важливу властивість глини після випалювання ставати твердою і не м'якшати від води. З глини почали виготовляти посудини для варіння їжі. У цей час люди навчились свердлити і шліфувати своє кам'яне знаряддя і тим самим вдосконалювати його: з'явились дерев'яні човни, видовбані з цілого стовбура дерева. Поряд з полюванням почало швидко розвиватись рибальство. Близько 6—5 тис. років до н. е. закінчилась новокам'яна епоха і настала епоха металу. Люди навчились добувати метал, виробляти з нього предмети домашнього вжитку і зброю для полювання (ножі, списи, стріли були першими виробами з металу). Спочатку їх виготовляли з чистої міді, потім з бронзи (сплав міді з оловом) і після цього вже з заліза. До мисливства і рибальства приєдналось скотарство і землеробство, зачатки якого, очевидно, виникли ще наприкінці новокам'яної епохи.



Неандерталець.
(Рисунок Г. Є. Нікольського)

Таким чином, від використання тільки готових продуктів природи людина перейшла до свідомого їх виробництва. З цього часу розвиток людства пішов упспред велетенськими кроками, і від напівдикого існування своїх неолітичних предків люди прийшли до культурного життя сучасного людства.

Отже, питання про походження людини тепер розв'язане цілком точно. Час появи на Землі людини також загалом не є спірним питанням. Не викликають сумнівів і причини, завдяки яким мавпа перетворилась у людину: це свідома, цілеспрямована праця у виготовленні знарядь праці і в зв'язку з цим виникнення членоподільної мови. Саме ці особливості і відрізняють людей від людиноподібних мавп, з якими у людини є багато спільних рис у будові організму.

ДЕ З'ЯВИЛИСЬ ПЕРШІ ЛЮДИ

Релігії різних народів визначають прабатьківщину людини по-різному: стародавні єгиптяни вважали, що людина з'явилась на березі Нілу, стародавні греки — на горі Олімпі, іудеї і християни — у Месопотамії, де тепер течуть ріки Тігр і Євфрат: там нібито був райський сад, де й жили перші люди — Адам та Єва.

Наука на питання про те, де з'явилась перша людина, відповідає так. В Америці людина не могла з'явитись, бо предки її походять від вузьконосих мавп, тоді як Америка — батьківщина широконосих мавп. Найдавніші сліди перебування людини в Америці припадають на час 25—30 тис. років тому, тобто на кінець палеоліту.

Так само має бути виключена як прабатьківщина людини і Австралія, яка з давніх-давен не мала ніяких сухопутних зв'язків з іншими материками. З тварин там не було вищих ссавців, якщо не брати до уваги завезених людиною і здичавілих собак — динго.

Отже, прабатьківщиною людини могли бути тільки території Старого Світу. Але тут, мабуть, треба виключити всю північну частину Європи і Азії, де не знайдено людиноподібних мавп. Можна гадати, що перетворення мавпи на людину відбувалось у Південній Азії та Африці; можливо, що при цьому захоплювався також південь Європи, Середньої Азії і Закавказзя (недавно в Грузії знайдено рештки людиноподібної мавпи). Цікаво, що серед представників тваринного світу цих територій і досі збереглися споріднені риси.

Звичайно, майбутнє принесе нам нові знахідки, що висвітлюють далеке минуле людини. Однак наші уявлення про те, як формувались окремі материки і розвивався на них тваринний і рослинний світ, так надійно обгрунтовані величезним фактичним матеріалом, що навряд чи можуть бути зроблені такі знахідки, які докорінно змінили б вже усталені уявлення.

Так відповідає наука на питання про походження та розвиток людини.

Важко вказати іншу галузь науки, до якої б так вороже ставились противники матеріалізму, як до науки про походження людини.

ПІВНІЧНИЙ ЛЬОДОВИТИЙ ОКЕАН

Північне полярне коло

ГРЕНЛАНДІЯ

ПІВНІЧНА АМЕРИКА

ЄВРОПА

АЗІЯ

АФРИКА

ТИХИЙ ОКЕАН

Північний тропік

Екватор

ПІВДЕННА АМЕРИКА

АТЛАНТИЧНИЙ ОКЕАН

ІНДІЙСЬКИЙ ОКЕАН

АВСТРАЛІЯ

Південний тропік

Материки (пунктиром позначені гадані обриси материків)

Море

Межі давнього материкового зледеніння (що збігаються на півночі з межами материків)

Фірновий лід (зернистий сніг, що не тане)

Пак (крига, що рухається)

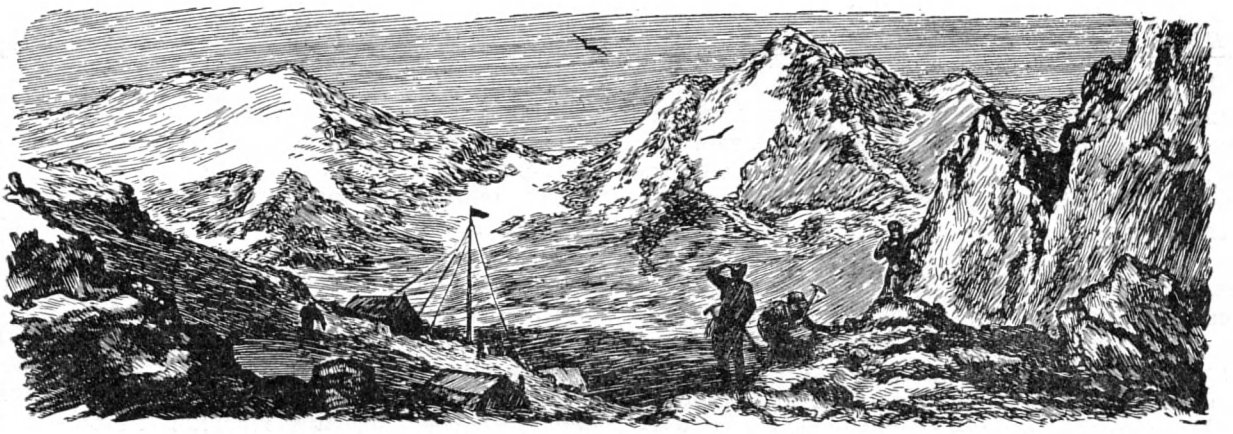
Гірські зледеніння

Гадана межа льодовика

Сучасні обриси суші

1000 0 1000 2000 км

КАРТА
ВЕЛИКОГО ЗЛЕДЕНІННЯ
ЗЕМЛІ



Як працюють геологи

ПРО ЩО РОЗПОВІДАЄ ГЕОЛОГІЧНА КАРТА

На геологічній карті СРСР (див. карту стор. 168—169) можна простежити обриси суші і морів. Проте геологічна карта різко відмінна від фізичної: суша на ній пофарбована в яскраві кольори. Червоним і рожевим пофарбовано Карельську АРСР і Кольський п-ів; синій, сірий, фіолетовий і коричневий кольори виділяються на Руській рівнині. В Азіатській частині Союзу яскраве забарвлення вкриває простори Середньої Азії, Прибайкалля та Далекого Сходу.

Про що розповідають нам ці кольори? Щоб врозуміти це, подивіться уважно на умовні позначення на карті. Виявляється, що кожний колір позначає гірські породи певного віку: рожевий колір — породи протерозойського віку, сірий — кам'яновугільного, синій — юрського, зелений — крейдового, жовтий — третинного і т. д. Окремим кольором наносять на геологічну карту виходи магматичних порід — інтрузії (глибинні породи) і ефузиви (вулканічні породи). Ці кольори вибрано умовно, але їх прийняли геологи всіх країн.

Слід мати на увазі, що на геологічних картах покрив четвертинних відкладів мислено ніби знімається скрізь, де відомо, які давніші породи його підстилають. Він зберігається на картах тільки там, де ще не знайдено і не вивчено ці нижчі, або, як кажуть геологи, п і д с т и л а ю ч і, породи.

Для вивчення четвертинних відкладів, що вкривають усю поверхню Землі, складають спеціальні карти. На них умовними знаками

показано найновіші відклади різного походження: відклади льодовиків, осади озер, річок, барханні піски тощо. Вказується також, які з цих осадів утворились у сучасну і які — в льодовикову епоху.

Розглядаючи геологічну карту СРСР, ми бачимо, що на території нашої Батьківщини поширені породи від найдавніших археозойських до наймолодших — четвертинних (див. стор. 168—169). На Уралі, Тянь-Шані, Алтаї і в інших гірських районах є магматичні породи.

Подивимось, як же створювалась геологічна карта Радянського Союзу.

До Великої Жовтневої соціалістичної революції величезні простори Сибіру були мало вивчені. На карті в цих місцях переважали «білі плями». Мало були досліджені Західно-Сибірська низовина, Північний Урал, Далекий Схід. Після революції, коли розгорнулось гігантське будівництво, виникла величезна потреба в мінеральній сировині — залізі, нафті, кольорових і інших металах. Щоб шукати ці корисні копалини, треба було спочатку вивчити геологічну історію нашої території, а потім на цій основі скласти геологічну карту, показавши на ній місця поширення гірських порід різного віку.

В усі, навіть найдальші, кутки нашої Батьківщини було послано експедиції. У суворих умовах полярних місць і в розжарених пісках пустинь радянські геологи вели дослідження.

У 1937 р. на XVII Міжнародному геологічному конгресі в Москві радянські геологи вперше показали геологічну карту СРСР, де «білі плями» займали значно менші площі, ніж на старій карті. Сибір, де можуть поміститись усі великі західноєвропейські держави, геологи дослідили майже на всій його протяжності. Значно поповнились знання про геологію Далекого Сходу, Прибайкалля та інших територій.

Тепер створено геологічні карти різного масштабу для всього Радянського Союзу і окремих його районів. Такі карти — могутня зброя в руках геолога.

На геологічній карті можна прочитати, де та якого віку земні пласти виходять на поверхню. Це дуже важливо знати, бо з породами різного віку зв'язані певні корисні копалини. На карті видно, де залягають магматичні породи, з якими зв'язані найважливіші рудні родовища.

Крім того, карта показує, де гірські породи залягають спокійно (горизонтально), а де вони зім'яті в складки.

Таким чином, геологічна карта відображає будову земної кори, показує гірські породи, що її складають, їх відносний (геологічний) вік.

Розглянемо геологічну карту, почавши з гірських країн. Для прикладу візьмемо Урал і Кавказ. На карту в тих місцях, де ми звикли бачити гірські хребти, нанесено кольорові смуги — це відклади різного віку. У центральній (осьовій) частині гірських країн виступають найдавніші породи. На Уралі це породи протерозойські, на Кавказі — археозойські. Чим далі від осьової частини гірської системи, тим молодший вік порід, з яких вони складаються.

На Кавказі добре видно, як червоні «стрічки» археозойських відкладів оточені з півночі і з півдня синіми — юрськими породами, далі зеленими — крейдовими — і нарешті по окраїні Кавказу лежать жовті — третинні осади. Породи ці головним чином морського походження і свідчать про те, що колись на місці Кавказьких гір існували давні моря. Магматичні породи, поширені головним чином на півдні Кавказу, свідчать про вулканічну діяльність тут у минулі геологічні епохи. На Уралі і в інших гірських країнах також є морські осади і магматичні породи.

Вихід порід різного віку у вигляді смуг, витягнутих уздовж хребта, пояснюється складчастим заляганням пластів. Після свого виникнення складки почали повільно підніматись на поверхню Землі, і тоді утворились гірські пасма. Як тільки з'явились гори, вони почали руйнуватися під дією води, атмосфери і діяльності різних організмів.

Гірські складки складаються з двох основних частин: а н т и к л і н а л і — опуклої і с и н к л і н а л і — угнутої частини. У природі звичайно трапляються зруйновані складки, в яких розкриті давні породи глибокого залягання. Який вигляд мають зруйновані антикліналі та синкліналі, показано на стор. 171 внизу.

На геологічній карті СРСР видно, що в Головному Кавказькому хребті гірські породи розподіляються так, як це властиво зруйнованій антикліналі. У центрі виходять найдавніші пласти і по боках від них — дедалі молодші. Головний Кавказький хребет становить начебто велетенську антикліналь. Звичайно, у межах цієї антикліналі є й значно дрібніші складки, з яких складаються численні гірські хребти.

Подібно до Кавказу побудовані інші гірські країни, наприклад, Урал, Тянь-Шань. Проте не завжди антиклінальну будову гір-

ських пасом можна чітко встановити на геологічній карті. Це залежить від складних геологічних подій в історії гірських країн.

Гірські хребти руйнуються під дією зовнішніх сил, і це має велике практичне значення. Адже, руйнуючись, гори розкривають свої надра, де є величезні мінеральні багатства. Вони принесені магмою, що заглибилася в складки гір під час їх формування і застигла у вигляді батолітів та жил (див. стор. 94—95).

Чому ж одні гірські країни, такі як Урал, Алтай, Тянь-Шань, славляться своїми корисними копалинами, а Кавказ не має цих рудних багатств? Це залежить головним чином від віку гірських хребтів.

Кавказькі гори — молоді. Вони утворилися в третинний час. Їм трохи більше мільйона років. Гори не встигли ще зруйнуватись так, щоб відслонились їх глибокі надра з застиглими магматичними породами. Гірські країни руйнуються протягом багатьох десятків і сотень мільйонів років, тому основні мінеральні багатства Кавказу ще не розкрились.

Давні гірські країни, що утворилися в палеозої, такі як Урал, Алтай і Тянь-Шань, настільки вже зруйновані, що магматичні масиви їх надр та жили з різними рудами цілком доступні для людини і залягають або на поверхні, або на невеликій глибині.

Низовинні, рівнинні ділянки суші на геологічній карті мають трохи інший вигляд, ніж гірські країни. На Руській рівнині видно плямисте забарвлення, немає симетричного розміщення осадів, як на Кавказі. Пояснюється це тим, що на Руській рівнині породи лежать горизонтально або майже горизонтально і виступають на поверхню на величезних ділянках. Осади ці головним чином морського походження, хоч серед них трапляються й континентальні.

По геологічній карті можна прочитати, що Руську рівнину не раз вкривало море. Морські осади кембрію і силуру виходять на поверхню в Прибалтиці і в околицях Ленінграда. На дні силурійського моря, яке було на території СРСР, утворилися горючі сланці. Їх використовують як паливо для електростанцій, а крім того, з них добувають горючий газ, який по газопроводу доставляють у Ленінград.

На Руській рівнині відомі девонські відклади; вони виступають на поверхню також в Естонії і Білорусії, а на півночі підходять до Білого моря, де представлені континентальними породами. У Підмосков'ї девонські відклади розкриті глибокими буровими свердловинами. З однієї такої свердловини добувають московську мінеральну воду, дістаючи її з соленосних осадів девону.

Але особливо дуже поширені і мають велике практичне значення кам'яновугільні та пермські відклади на Руській рівнині і в прилеглих районах. З ними зв'язані вугленосні осади Підмосков'я і Донбасу, що нагромадились у кам'яновугільному періоді. У лагунах пермського моря відкладались потужні поклади калійних та магнезіальних солей у районах Солікамська і Березників.

Мезозойські осади також дуже поширені на Руській рівнині, де вони представлені морськими і континентальними породами. Серед них найбільший практичний інтерес становлять фосфоритні відклади юрського і крейдового віку; на Україні і в Поволжі відклади крейдового періоду представлені писальною крейдою.

Третинні осади морського походження залягають на півдні Європейської частини Союзу. Вони відомі на Україні, в Поволжі. Серед них трапляються відклади опо́к — кремени́стих порід, що застосовуються в будівельній промисловості.

На Західно-Сибірській низовині виходять на поверхню горизонтально залягаючі породи третинного віку, які свідчать про те, що там існувало велике море. Воно відклало осади головним чином у першій половині третинного періоду.

Різноманітніші відклади поширені в тій частині Сибіру, яка лежить між ріками Єнісеєм і Леною. Осади залягають там майже горизонтально і тільки в окремих місцях зім'яті в складки. На заході велику площу займають пермські осади; серед них трапляються потужні поклади кам'яного вугілля. Крім того, тут поширені відклади силурійських і кембрійських морів, представлені вапняками. Нерідко серед кембрійських осадів зустрічаються поклади солі й гіпсу. У деяких місцях їх розробляють для потреб населення. Гіпс і сіль осідали в пересихаючих затоках, де дуже підвищувалась концентрація їх внаслідок випаровування води.

У 1956 р. було складено вперше геологічну карту СРСР без «білих плям». Геологи нашої країни своїми невтомними дослідженнями постійно поповнюють її новими даними про геологічну будову різних місцевостей, а також про родовища корисних копалин.

Геологічна карта стає з кожним роком детальнішою і точнішою.

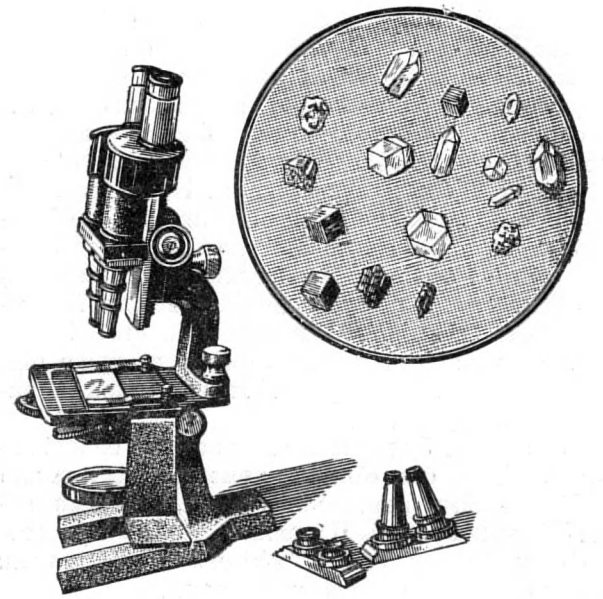
СЛІДАМИ «ЧАРІВНОГО» ПИЛУ

Кожному любителеві мінералів добре відомо, як важко знайти хороші зразки кристалів.

Адже справді природа — це не впорядкована, добре устаткована лабораторія, де речовині, яка кристалізується, можна створити такі умови, щоб добитись ідеального за формою кристала.

І все ж такі кристали є в природі. Розглянути їх можна в невеликий мікроскоп, схожий на звичайний шкільний, але з двома трубами, як бінокль, тому він і називається б і н о к у л я р о м. Візьміть пучку шліху — малюсіньких зерен мінералів, відмитих з пухких порід, наприклад, з річкового піску, і розгляньте її в бінокуляр. Вам може пощастить побачити багатющу колекцію мінералів. Які чудові кристали, як виблискують грані, скільки в них різноманітності! Рука мимоволі тягнеться взяти один з них, щоб краще розглянути.

Виявляється, що маленькі зернятка часто бувають прекрасними кристаликами. Це пояснюється тим, що багато з них при кристалізації магми виділялись першими й інші кристали не заважали їх ростові.



Бінокуляр: ліворуч — зовнішній вигляд; праворуч — шліхи в бінокулярному мікроскопі.

Добути ці надзвичайно цікаві кристали неважко.

Зачерпніть дві-три пригорщі річкового піску, взятого на мілині, покладіть їх у великий ківш або в дерев'яну чашку, а ще краще в дерев'яний лотік, такий, який зображено на рисунку, і почніть, як кажуть, промивати пісок. Для цього опустіть ківш (або лотік) трохи нижче від рівня води або поставте його на дно біля самого берега. Лівою рукою погойдуйте його, надаючи йому колового руху, а правою — розминайте грудки й вибирайте гальку. Погойдувати необхідно, щоб весь час спліскувався пісок з каламуттю, який перебуває в коловому русі.

Спочатку сходитиме каламутна вода, дрібні піщинки, а також галька і камінці, які треба виймати і переглядати. Мета промивання полягає в тому, щоб видалити мінерали меншої питомої ваги і залишити важчі. Останні порції піску відмивають обережно. Поміж світлими піщинками стають помітні темніші зернятка — ш л і х. Акуратно дайте стекти всій воді і, круто нахиливши ківш, змийте шліх кількома краплинами води на зігнутий блюдечком аркушик паперу. Ще обережніше злийте решту води і, розправивши папір, дайте йому обсохнути на сонці і вітрі, закріпивши його камінцями. Треба стежити, щоб вітер не здув вашу здобич. Сухий шліх висипте в паперовий пакетик. У шліху залишаються зернятка мінералів — золото, платина, каситерит (руда на олово), циркон (який дає надзвичайної стійкості вогнетривкий матеріал), шеєліт і вольфраміт (мінерали, з яких добувають вольфрам для ниток електроламп) та ін.

Деяких з цих мінералів може скупчитись у мілинах, косах, нижніх течіях рік стільки, що вони утворять родовища, які можна розробляти. Це вторинні, або розсипні, родовища — розсипи, як звичайно говорять.

Поступово просуваючись угору, проти течії ріки, можна завжди знайти первинні, як кажуть, корінні, родовища цих мінералів, де вони містяться в гірських породах, в яких утворились.

На практиці так і роблять: кожна геологічна і розшукова партія одночасно веде й ш л і х о в е з н і м а н н я. Це значить, що через кожні 50—100—500 *м* (залежно від мас-

штабу карти, яку складають) беруть шліх. Промивають завжди однакову кількість породи — 16 або 32 *кГ*. Кожний відмитий і просушений шліх зсипають в окремий пакетик або в мішечок з густої матерії, на якому пишуть номер шліху, місце, де його взято (адресу), кількість промитої породи, дату, коли було взято, підпис особи, яка брала шліх. На схематичній карті позначають місця, де брали шліхи.

Повернувшись з польових робіт, шліхи вивчають: точно визначають, з яких мінералів складається шліх, чи багато цих мінералів. Ці відомості відмічають на карті.

Така шліхова карта показує, де зосереджені скупчення того чи іншого мінералу, з яких річкових долин або з яких схилів ідуть найбагатші його «потоки», де можна припускати наявність корінних родовищ окремих мінералів і де розташовані багаті розсипи.

Ми знаємо немало прикладів, коли завдяки вивченню шліхів було відкрито корінні родовища золота, вольфраму, молібдену і багато інших корисних копалин.

Кожний може зібрати шліхи. Спробуйте це зробити. Візьміть лотік, легку лопатку, невеликий запас паперу (можна використати чисті сторінки старих зошитів), рушник, лупу (по змозі з великим збільшенням, наприклад у 10 раз), записну книжку і схематичний план місцевості (його треба зробити заздалегідь). Вирушайте вздовж берега ріки вгору проти течії.

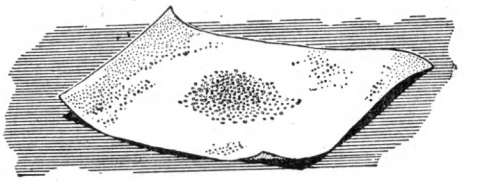
На початку маршруту візьміть пробу № 1, зачерпнувши річкового піску на мілині або пляжі. Краще брати пробу не з поверхні, а по змозі з глибокої ямки. Промийте пісок, у вас залишиться шліх, який, висушивши, зсипте в пакетик. На ньому поставте № 1, напишіть дату і своє прізвище. Не забудьте поставити на плані також № 1 саме в тому місці, де ви проробили цю операцію.

Наступну пробу, № 2, доцільно взяти вище від впадіння притоки. Не забудьте після кожної проби добре вимити руки і витерти їх, щоб випадково не занести в наступну пробу шліхові мінерали з попередньої. З тих самих мотивів слід добре ополіскувати ківш, лопату, лотік.

Зібравши кілька проб і зручно сівши в захищеному від вітру місці, акуратно розгорніть і огляньте через лупу в порядку номерів ваші проби. Якщо, наприклад, у пробі № 4 немає мінералів, які є в пробах № 3, № 2 і № 1, значить, вони потрапили в річку з приток з правого чи лівого схилу на дільниці між пробами № 3 і № 4.

Промивання шліху у воді (ліворуч), лотік у розрізі (угорі) і ківш для промивання (внизу).

Спробуйте встановити, звідки ж походить раптом «зниклий» мінерал. Для цього треба взяти нові проби з приток, а якщо мінералу там не буде виявлено, то шукайте його на схилах долин.



Шліх на аркуші паперу.

Так завжди роблять геологи і гірники, проводячи шліхове знімання, шукаючи родовища золота й інших цінних мінералів.

Збирайте шліхи, вивчайте їх, зарисовуйте і зберігайте. Вони можуть придатись геологові чи мінералогові. Якщо ваше знімання було проведено акуратно, то зібрані вами шліхи дадуть цінні відомості про те, які й де поширені мінерали.

ЯК ШУКАЮТЬ СКАРБИ ЗЕМЛІ

З усіх невідомих країн найближча, але й найнеприступніша — країна підземна. Проникнути туди вдається лише на кілька кілометрів. Але все, що ми бачимо навколо, нагадує про неї. Погляньте навкруги: метали, з яких зроблено машини та інструменти, нафта і вугілля, що спалюються в двигунах,— усе це видобуто звідти, із світу підземних глибин.

Отже, щоб нічого не затримувало нас на шляху до остаточної перемоги комунізму, треба весь час шукати і знаходити все нові й нові родовища корисних копалин.

ШУКАННЯ

Шукати... але де і як? Ось на виступі скелі стоїть геолог-шукач, оглядаючи недосліджене гірське пасмо. Може, цінна руда тут же, під його ногами? А може, у цих горах немає ніякої руди? Спорядження геолога — звичайне спорядження мандрівника: похідний намет, спальний мішок, бінокль, планшет з топографічною картою. Ось тільки не зовсім звичайний вигляд має молоток та компас чомусь пригвинчений до прямокутної пластинки. Чи не в цих речах ключ до його роботи? Але, коли ви роздумуєте в класі біля дошки, крейда не допоможе розв'язати задачу, хоч без неї і не обійтись. Так і геологові не обійтись без свого спорядження, але вирішують успіх справи тільки його досвід і знання, тільки розуміння того, як побудована та як розвивалася Земля. Частину його знань маєте і ви, якщо уважно читали цю книгу. Вони й допоможуть вам зрозуміти суть і хід геологічного дослідження.

Ви знаєте, наприклад, що на поверхні Землі майже скрізь видно не тільки «наймолодші» — четвертинні відклади, їм не більше мільйона років. А більшість родовищ захована в давніших породах. Отже, перш ніж шукати родовище, треба ясно уявити, як лежать ці породи під четвертинними, немов «зняти» з земної поверхні покрив наймолодших порід.

У цьому й полягає перше завдання геолога. Називається воно геологічним зніманням.

КАРТА ПІДЗЕМНОГО СВІТУ

Легко сказати — «зняти» покрив четвертинних порід! Не кликати ж на допомогу армію землекопів, щоб перекопати всю досліджувану місцевість. Але в геологів є природні помічники — вода, вітер, сонце. Ріки врізуються в земну поверхню, море підмиває береги, від сонця висихають і розтріскуються поверхневі шари, вітер відносить зруйновану породу — і на схилах долин, на стрімких берегах моря, на гребенях гір то тут, то там четвертинний покрив прорваний і видно, як відслонюються давніші породи. Кожне таке місце — їх називають відслоненнями — вікно, крізь яке геолог загляне в підземний світ.

Ось геолог біля відслонення. Своїм молотком він відбиває або відгрібає вивітрілу породу, потім старанно досліджує шар за шаром. Досвідченому оку важлива кожна подробиця. Сліди тріщин і вигини дрібних прошарків вкажуть, що колись тут відбувалось зім'яття гірських порід; розмита і нерівна межа між двома пластами відмітить час, коли нижній пласт виходив на поверхню і вивітрювався. Уламок черепашки або відбиток рослини — особливо важлива знахідка: визначивши, до якого з вимерлих видів вони належать, можна довідатися про вік шару — їх однолітка; і геолог не шкодує праці, відколюючи молотком куски корінної породи, шукаючи рештки давніх організмів.

Потім на поверхні пласта геолог вирівнює площадку. Прикладаючи до неї гірничий компас, геолог визначає, наскільки круто і в який бік занурюються (як кажуть геологи, падають) пласти в глиб землі.

Звичайно, не в усьому вдається розібратись на місці, та й ніколи — час не жде, і геолог відбирає в рюкзак зразки породи, старанно записує і зарисовує все, що йому вдалось помітити, іноді фотографує відслонення — усе це придасться при остаточній обробці, коли буде докладно досліджено склад порід і відновлено їх історію.

«Опитування» відслонення закінчено — лишилось записати його «адресу». Геолог виймає карту місцевості, наносить на неї дослі-

джену ділянку — і в дорогу, до наступного відслонення.

Увечері, повернувшись до табору, він порівнює записи, уточнює вік порід, уважно досліджує зразки. І поступово відслонення на його карті позначаються різними фарбами; їх колір вказує вік порід, що виходять на поверхню; там, де вдається простежити межу між пластами, проводять тонкі лінії: стрілки покажуть напрям падіння пластів (див. угорі рис. 2).

Мине небагато днів, і геолог зможе доповнити карту відслонень, оглядаючи всю місцевість з висоти; деякі породи він вже визначить здалеку, а іноді навіть під шаром грунту. Наприклад, на схилах долин твердіші породи утворюють круті навісні стіни, а м'які (глина, лес) спускаються положистими площадками.

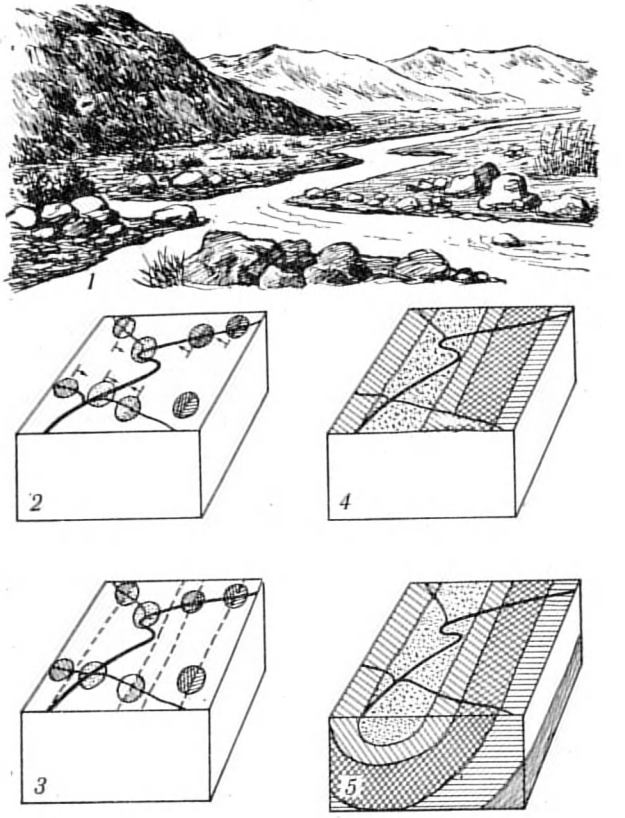
Іноді і рослини повідомляють, які породи вони намацали корінням, наприклад, на Уралі осики та ялини ростуть на болотистому грунті, що звичайно вкриває кварцити, а сосни — на сухій землі, характерній для гранітних масивів.

Але все ж і після цього на карті матимемо тільки окремі кольорові плями. Чи варт було заради цього влаштовувати табір у глухій місцевості, дряпатись по горах з важким рюкзаком, годинами копатись у відслоненнях? Варт!

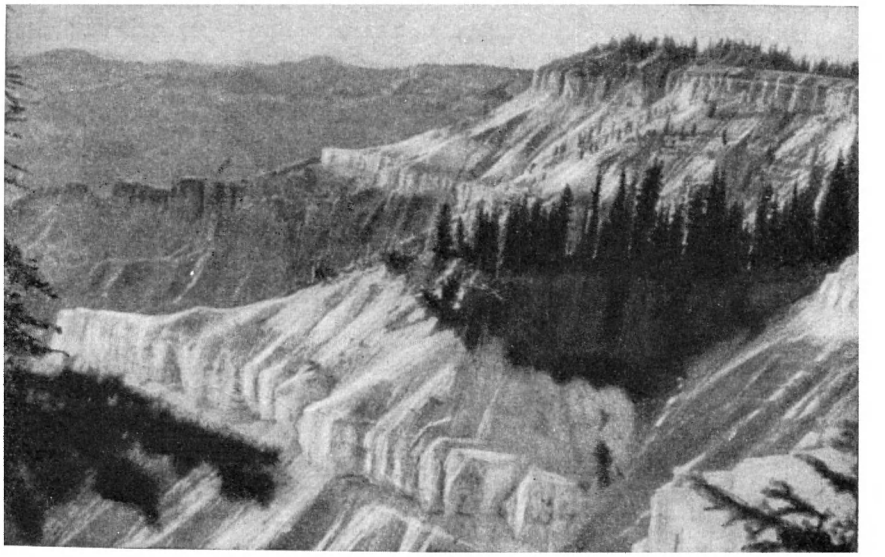
Як льотчик може скласти приблизний план незнайомої місцевості, дивлячись на неї крізь рідкі розриви в хмарах, так і геолог відтворює картину підземного світу, заглядаючи крізь розриви в четвертинних породах. У цій роботі на допомогу його досвіду і знанням приходять чуття та уява.

Він знає, що осадові породи залягають пластами. Значить, межі між ними треба провести на карті безперервними лініями (див. блок-діаграми на стор. 216). По кількох виходах він матиме уявлення про контури величезного гранітного масиву — батоліту, який розширюється донизу, і нанесе їх на карту.

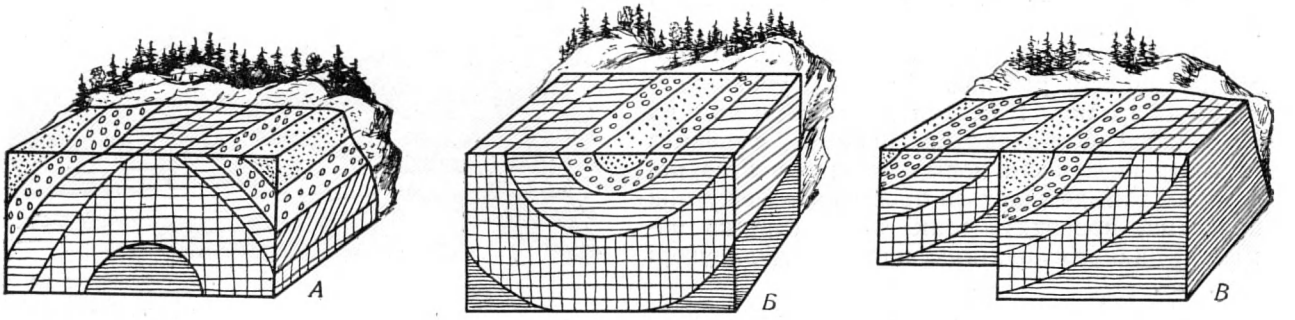
Потроху плавні лінії сполучать межі пластів, помічених на відслоненнях, як



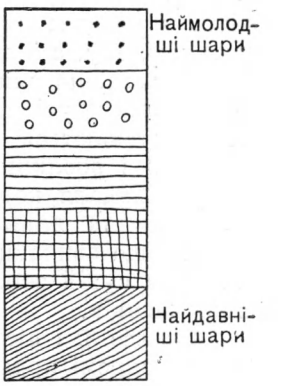
Етапи складання геологічної карти:
1 — місцевість, що знімається на карту; *2* — карта з нанесеними відслоненнями; *3* — проведено межі між пластами; *4* — карту складено; *5* — побудовано геологічний розріз.



Долина перетинав шари порід різної міцності. Тверді шари обриваються круто, м'які дають положисті схили. Таке відслонення легко картувати вдалеку.



Блок-діаграми різних структур:
А — антикліналь, *Б* — синкліналь, *В* — скид. Верхній переріз — геологічна карта; бічні перерізи — геологічні розрізи. Як залягали шари спочатку (до складчастості), ясно з рис. *Г*.



Г

показано на рис. 3 на стор. 215. Якщо в сусідніх відслоненнях зустрілись породи різного віку, межа пройде між ними. Нерідко на допомогу уяві приходить математичний розрахунок, який дає змогу визначити положення невидимого виходу пласта. І от лишилось тільки замалювати смуги між межами, вибираючи кольори за віком порід (рис. 4 на стор. 215). Карта готова! Що робитиме геолог тепер?

ПОГЛЯД КРІЗЬ КАРТУ

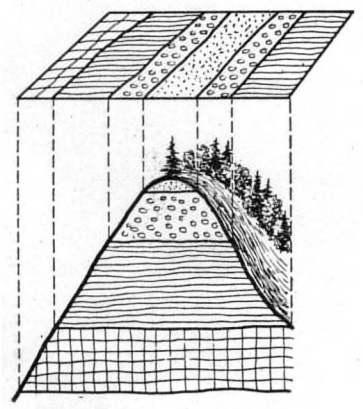
Можна подумати, що карта відкриє геологові доступ тільки до найбільш верхніх поверхів підземного світу. Розгляньте рисунки вгорі. Ви побачите, що розташування порід на карті завжди залежить від будови земних глибин.

Виходи зім'ятих у складки пластів простяглися по карті довгими смугами. Ці смуги розташовані в ряд «по старшинству». Якщо від краю до середини ряду виходять чимраз давніші пласти, можна з певністю сказати, що це — склепіння, або антикліналь (рис. *А*). У синкліналі, навпаки, давні шари відтиснуті до країв, а молоді лежать у середині складки (рис. *Б*). А як зображається скид, видно на рис. *В*. Зрозумівши, чому карта має такий вигляд, а не інший, можна «побачити крізь карту» будову підземного світу. Мало того! За допомогою тієї ж карти можна провести через весь район уявний розріз, заглянути вглиб і скласти рисунок тих порід, які було б видно на стінках розрізу. Щоб скласти цей рисунок, він так і називається геологічним розрізом, не треба навіть відходити від робочого стола: не буде потреби ні в чому, крім лінійки, косинця, транспортира.

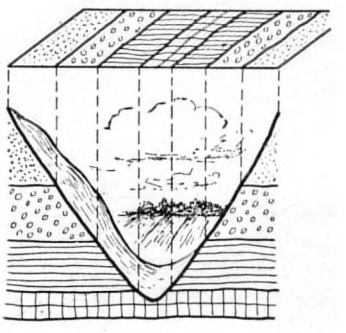
Уявіть собі розрізаний слойний пиріг: ви побачите переміжні смуги начинки і тіста. Такий і геологічний розріз. Осадові пласти завжди перетинають його довгими смугами.

Щоб побудувати розріз, звичайно, треба порадитись з картою, обміркувати, які геологічні структури можуть зустрітись на шляху, тобто як лежать тут пласти гірських порід.

Але, «проникаючи» в глиб землі, не можна забувати про те, що робиться на поверхні. Інакше неважко «відкрити» антикліналь там, де насправді річкова долина відслонила



Карта і розріз горба, що складається з горизонтальних пластів; на карті він мав вигляд синкліналі.



Карта і розріз долини, що складається з горизонтальних пластів; на карті вона мав вигляд антикліналі.

біля русла давні пласти, або прийняти горб за чашоподібну синкліналь (рис. внизу на стор. 216).

Звичайно, не в усьому легко розібратись. Іноді не можна навіть відразу підрахувати, скільки пластів показано на карті. Тепер поверніться до рисунків на стор. 215 вгорі. Подивіться спочатку на рис. 5, а потім на рис. 2. Ви перейдете від моделі великої підземної області до кількох плямочок на карті і зрозумієте, що праця геолога не пропала марно.

КАРТА ПІДКАЗУЄ

Ми говорили про роботу на відслоненні, карту, розріз, підземне залягання пластів, а про головне — про те, як шукати корисні копалини,— нібито не сказали ні слова... Але шукання вже почалось.

Адже історія кожного родовища — це водночас історія порід, що його оточують. Вік, будова, умови залягання порід — усе, що геолог помітив на відслоненнях і розшифрував, вивчаючи карту, тепер підкаже йому, де та яку корисну копалину доцільно шукати.

Такі корисні копалини, як вугілля, сіль, нафта, можна знайти тільки серед осадових порід: вони нагромаджуються поступово, тривалий час. Кожна, звичайно, має своє розташування. Наприклад, вугілля найчастіше знаходять у відкладах кам'яновугільного, юрського і третинного періодів. Чому? Тому, що саме в ці епохи море затопляло величезні ліси, з яких згодом утворилось вугілля. Сіль, навпаки, осідає при висиханні морів і тому часто зустрічається у відкладах епох, коли відступали моря і утворювались неглибокі басейни.

Рідка нафта може мандрувати по шарах і звичайно намагається піднятись вище. Тому, установивши за допомогою карти підземний купол або інше підняття, геолог замислюється: а чи немає тут нафти?

Інші корисні копалини, наприклад, майже всі руди металів,— пришельці з глибин Землі: розчинені в магмі, вони проривались крізь товщу осадових шарів. Отже, шукати їх треба в гірських районах поблизу масивів виверженних порід. Якщо масив старий і дуже розмитий, справа погана: разом з його краями зруйнована і та ділянка, де утворювалась руда.

Друга крайність — коли магма вторгалась порівняно недавно (наприклад, у третинному періоді) — теж несприятлива: вітер, сонце, вода не встигли ще розкопати руду, і вона залягає надто глибоко. Знайти можна буде тільки такі родовища (наприклад, ртутні), які відгалужуються далеко від масивів, що їх породили.

Та от розповідь геологічної карти розшифровано. Чи знаємо ми тепер точно, де шукати родовище?

Подивіться на геологічну карту СРСР (стор. 168—169). Подумайте самі, чи легко за її допомогою знайти родовище? Звичайно, нітрохи не легше, ніж відшукати знайомого, знайшовши по карті тільки район, де він живе. Показуючи навіть на найдокладнішій геологічній карті всього Радянського Союзу (її масштаб 1 : 2 500 000), де шукати, ви закриєте пальцем місцевість в 600—700 *км*². А вихід пласта завширшки 100 *м* на ній нічого й шукати: у масштабі цієї карти 100 *м* становитимуть лише одну двадцять п'яту міліметра.

Отже, щоб вказати точну адресу родовища, треба складати детальніші карти районів, які нас цікавлять. Біда тільки в тому, що чим докладніша карта, тим важче її скласти. Наприклад, щоб провести геологічне знімання в масштабі 1 : 1 000 000, досить кілька разів перетяти місцевість уздовж долин і шляхів, при зніманні в масштабі 1 : 100 000 треба обслідувати кожне відслонення, а іноді й викопати штучні.

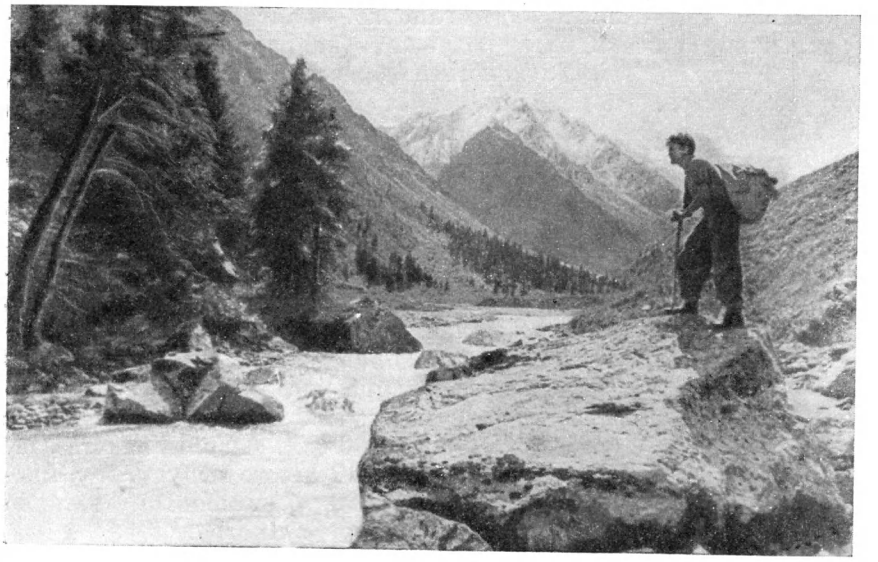
Тому детальне знімання варт проводити тільки поблизу родовища. Але щоб знати, чи близько воно, саме й потрібна точна карта. Значить, виходу немає? Ні, це не так. Карта дала приблизну адресу родовища, і, якщо детальніше знімання поки що не виправдане, почнуться розшуки: на зміну геологові-картувальнику прийде г е о л о г-ш у к а ч.

ПОЛЮВАННЯ НА РОДОВИЩЕ

«Це... гра, азарт. Відкрити нове родовище — справа удачі, тонкого розуміння... справа захоплення, яке іноді межує з пристрастю»,— писав акад. О. Є. Ферсман.

Так, розшуки родовища — справді полювання. Але ж і в мисливця є своя наука: вивчити всі повадки звіра, знати, де він частіше буває, уміти його виявити по ледве помітних ознаках. І в роботі геолога тільки наукова підготовка дає йому чуття слідопита.

У корисних копалин є свої улюблені місця. Обслідуючи гірський масив, геолог насторожиться, виявивши тріщини і розломи: тут найчастіше трапляються жили. У нафтоносному районі його увагу привернуть пласти



В ущелині Лівий Талгар (Заілійський Алатау).

пористої породи (наприклад, пісковика): вони легко просочуються нафтою.

У корисних копалин є й свої прикмети. Родовища беруть участь у житті земної кори: руда, вугілля вивітрюються — розчиняються у воді, вступають у хімічні реакції з навколишніми породами. І як звірі в лісі виказують себе на кожному кроці — обгризеною корою, стежкою до водопою, слідами на засніженій поляні,— так і корисні копалини, кожна по-своєму, виказують свою присутність. Поклади залізних руд вкриваються «залізними капелюхами» — помітною здалеку коркою вивітрених порід, бурою, червоною або жовтою від окислів заліза. Сполуки міді забарвлюють сусідню з ними породу в яскраво-сині або зелені кольори; кобальт дає персиково-червоні плями і потьоки, нікель — зелені. Далеко висилає про себе вісників нафта: вона крапельками просочується крізь товщу порід, утворюючи райдужні плями на поверхні спокійних водойм.

По таких прикметах — їх називають шукальними — геолог і виявляє родовище. Але спочатку ще до родовища треба добратися. І геолог відправляється «вистежувати» — спостерігати за «стежками», на яких найлегше натрапити на «слід» корисної копалини.

Такі стежки для руди — водні шляхи. Дощі, гірські струмки, бистрі річки не тільки розмивають грунт, а й захоплюють своєю течією уламки всіх корінних порід. Великі куски, розколюючись, перекочуються по дну, дрібні — пливуть. Біля гирла, там, де річка сповільнює течію і звільняється від свого вантажу, утворюються скупчення цих уламків — річкові наноси. Сюди і йде геолог. Він розшукує потрібний йому слід — гальку корисної копалини або її «сусідів» по родовищу (гальку тієї породи, яка звичайно оточує руду). Коли слід знайдено, геолог рушає вгору по річці: він знайде родовище по тому шляху, який пройшла галька. Чим ближче до мети, тим більше слідів на його шляху, тим галька більша: наближаючись до гирла, річка поступово слабшала і залишала важчу гальку на дні.

Біля кожної притоки «дорога» розгалужується: геолог оглядає наноси, відшукує, в якому напрямі сліди йдуть далі, і продовжує йти вперед. Усе ближче родовище; змінюється вигляд гальки: вона менше обтерта, все більше нагадує недавно відбитий уламок. І раптом слід зникає. Невже він загубився? Так, але так губиться слід біля лігва! Родовище тут! Звідси починали рухатись уламки корисної копалини, які були знесені із схилу в річку. І геолог видирається вгору. Уламки розсіяні по схилу віялом. До центра цього віяла! Жилу знайдено!

Так само вистежують багатий розсип, пласт золотоносного пісковика.

Цей спосіб розшуків називають у л а м к о в о-р і ч к о в и м. Його виробила народна мудрість «рудознатців» — давніх рудошукачів. Великий Ломоносов використав їх досвід для створення науково обгрунтованого методу розшуків, який досі застосовують геологи всього світу. І численні інші сучасні способи розшуків, по суті,— молодші брати уламково-річкового.

У тих місцях, де є або колись були льодовики (див. стор. 72), у геолога з'являється новий союзник. Льодовик набагато сильніший за річку, він тягне за собою не гальку, а валуни — великі куски або навіть цілі брили відірваних корінних порід. Біля краю льодовика, як і в гирлі річки, уламків — сила-

силенна; багато їх залишено і на шляху відступу льодовика. І геолог, який знайшов представника родовища — «валун-вказівник», іде вистежувати його шлях. Це не завжди легко.

Можна вистежувати родовища по дрібних крупинках рудних мінералів (див. стор. 212).

Звичайно, шукальні способи не обов'язково вкажуть геологові саме родовище. Але, у всякому разі, вони приведуть його так близько, що не шкода буде праці для детального геологічного знімання.

Коло замкнулось. Якщо робота була успішною, геолог біля родовища. Він перший виявив, що́ може дати Батьківщині це місце, і, сьогодні нікому не відоме, завтра воно, може, позначиться на житті найдальших куточків країни.

А для багатьох десятків людей саме тепер і почнеться робота. Адже геолог виявив тільки верхній край родовища. А як воно лежить у глибині? І взагалі, чи варт його розробляти? Може, руди так мало, що не окупляться витрати по видобуванню?

Зважити запаси руди, що зберігається в глибині, визначити її якість геологові, звичайно, не під силу. Але в цьому поки що й не було потреби. Як і всякий розвідник, геолог повинен проникати всюди, і тому він має тільки найлегше спорядження. Тепер інша справа. До знайденого родовища рушать підкріплення, оснащені всією сучасною технікою. Вчені винайшли прилади, які дають змогу вивчати властивості, дізнаватись про будову невидимих підземних порід. Наша Батьківщина оснастила цими приладами цілу армію спеціалістів. Про них та їх роботу тепер і піде мова.

А поки що... перечитайте цей розділ. Пригадайте і ті шукальні ознаки, про які розповідалося в розділі «Скарби надр Землі», ознайомтеся з потребами й можливостями вашого району. Невже нікого з вас не потягне в поле?

Але не сподівайтеся на легкий успіх: природа живе не по-писаному. Простежуючи гальку якого-небудь мінералу, ви раптом побачите, що слід обірвався; ознайомлюючись з основними породами, будете чомусь натрапляти на один і той самий пласт. Не поспішайте з висновками. Може виявитись, що виходи червоних порід це не залізняк, а звичайна глина. Окисли заліза дають на воді таку саму райдужну плівку, що й нафта. Та не втрачайте впевненості. Ви навчитесь розрізняти райдужні плями по зламу: ударте палицею — нафта розповзеться, як масло, а залізиста плівка розколеться, як льодинка; ви знатимете, що вес-

Схема уламково-річкового методу:

1. Біля гирла.

2. На розгалуженні.

3. Слід зник.

4. Родовище знайдено.

няні потоки іноді перекидають гальку через завалену снігом ущелину, і вас не збентежить обрив сліду; а щоб не зустріти при обслідуванні один і той самий пласт, ідіть не в напрямі простягання, а падіння... Отже, хай щастить!

СЛІДИ НЕВИДИМОГО

Найчастіше родовище заховане під непроникною товщею гірських порід. Але навколо нас діє багато сил, для яких ця перепона не страшніша, ніж скло для променів світла. І як промінь світла освітлює темну кімнату, так і ці сили, якщо зуміти їх виявити, «освітлять» нам будову підземного світу.

Як же виявити сліди невидимого?

РОДОВИЩЕ НА ТЕРЕЗАХ

У полі, на болоті, у глухій гущавині або на дорозі ви можете зустріти незвичайну процесію. Уздовж ледве помітної стежки, відміченої рідкими тичками, просувається людина з великою коробкою на спині; поруч везуть металеву тумбу, за нею — будку.

Біля однієї з тичок зупинка. Усередині будки встановлюють громіздку споруду з залізних частин. Покрутивши її на всі сторони, люди відходять — очевидно, влаштовуються відпочивати — і стежать тільки, щоб ніхто не наближався до будки. Мабуть, ви здивувалися б ще більше, довідавшись, що дивовижна споруда — це прилад, який дає змогу визначити вагу родовища. Яка ж сила зв'язує прилад з підземним покладом? Та сама, що зв'язує Сонце і планети, та сама, внаслідок якої ви, спіткнувшись, падаєте вниз,— сила тяжіння. Вона не робить винятків і не знає перешкод. Зорі і планети, гори і океани, гранітні масиви, рудні поклади і кожний пропласток земних шарів, як і кожний предмет у вашій кімнаті,— все, що існує у Всесвіті, бере участь у тому взаємному тяжінні, яке ви відчуваєте як вагу (див. статтю на стор. 349).

Правда, сила притягання до гірських масивів і океанів становить лише десятитисячні частки нашої ваги, а притягання до рудного покладу ще в сотні разів менше. Ми не можемо помітити його, як не можемо розрізнити плескіт окремої хвилі в гуркоті морського прибою.

Та це й краще: інакше наше життя було б надто неспокійним. Проходячи по вулиці, ми б відчували, як кожний будинок тягне нас до себе, і тим більше, чим він важчий або ближ-

чий. Ми б ледве пересували ноги над покладами важкої руди і підскакували на кожному кроці над пластом солі або гіпсу (ці породи легші, ніж більшість інших, а значить, і притягують слабше).

Саме таку високу чутливість і має прилад у будці. Через те й переносять його з місця на місце. Прилад показує, в якому напрямі збільшується сила тяжіння. Через те нікого й не підпускають до будки, бо стрілка приладу відхиляється навіть від наближення людини.

А побудовано цей прилад зовсім просто. До металевої нитки підвішене похиле коромисло з легкими тягарями на кінцях. Важка маса (наприклад, поклади піриту) притягатиме обидва тягарі, але ближчий, звичайно, сильніше, і коромисло почне повертатись туди, де сила тяжіння більша (тобто до покладу). Тут у боротьбу з силою тяжіння вступить нитка, що закрутилась при повертанні коромисла. Чим більше її закрутило, тим дужче вона тягнеться назад. І коли, зрештою, встановиться рівновага, по відхиленню коромисла можна буде визначити, в якому напрямі і наскільки збільшується сила тяжіння. Цей прилад (його називають крутильними терезами) повинен записувати найменші відхилення коромисла сам — людині не можна його «турбувати».

Є ще точніші прилади — вони можуть безпосередньо вимірювати силу тяжіння (їх називають гравіметрами, від латинського слова «гравіс» — важкий). По суті для цього досить зважувати один і той самий тягар у різних місцях: там, де сила тяжіння зростає, збільшиться і вага тягаря. Уся трудність у точності. Прилади, які б могли помітити зміну сили тяжіння над родовищем (немов «зважити» його), навчились будувати лише років 25 тому. Але спосіб, за допомогою якого це вдалось зробити, ще 200 років тому передбачив М. В. Ломоносов.

Шукати родовище за зміною сили тяжіння, або, як кажуть, проводити гравітаційну розвідку, можна, звичайно, не скрізь.

Руда часто залягає серед порід приблизно однакової з нею щільності, і тоді вона ніяк не впливає на зміни сили тяжіння. Але від розвідника їй однаково не сховатись: вісті з глибини Землі може принести йому й інша сила.

РОДОВИЩЕ — МАГНІТ

Піднесіть до стрілки компаса ножиці. Стрілка відхилиться: наявність заліза змінила магнітну силу. Так само і поклади багатьох корисних копалин можуть змінити магнітну силу на поверхні землі. Одні породи, наприклад руди чорних металів (колчедани, магнітний залізняк), дуже чутливі до магнітної сили: поблизу від них магнітна сила більша, ніж звичайно; інші (сіль, вапняк) поводять себе так, ніби ніякого магнетизму зовсім не існує. Тому над покладом магнітного залізняку магнітна сила буде більша, ніж звичайно, а над пластами солі — менша. Відмінністю в магнітних властивостях (магнітною сприйнятливістю) порід і користуються при магнітному розвідуванні.

Іноді руда дуже відхиляє навіть звичайний компас (як у районі Курської магнітної аномалії), але найчастіше виявити поклад можуть тільки дуже чутливі прилади. На стор. 224 зображено один такий прилад — «магнітну вагу». Щоб виміряти магнітну силу, її справді «зважують» — порівнюють з іншою, відомою нам силою. Для швидкого обслідування великих районів ленінградський учений О. О. Логачов винайшов аеромагнітометр — прилад, який може вести магніторозвідування з літака.

СТРУМИ В ЗЕМЛІ

Ну, а як бути, якщо густина і магнітна сприйнятливість корисної копалини такі самі, як і в навколишніх порід? Адже і магнітне і гравітаційне розвідування тоді безсилі.

На допомогу приходить електрика. Ми звикли бачити її в людини на поводі: вона біжить по проводах, захованих в батареях. Але буває, що струми вириваються на волю через заземлення, рейки трамваю, вони потрапляють у землю і блукають там. Є в землі й струми, які народилися вільними — виникли в батареях, виготовлених самою природою.

Поблизу рудних — особливо сірчистих — родовищ знайдеться все, що потрібне для справжньої батареї: метал, сірчисті сполуки і вода. Від такого покладу електричний струм розтікається по землі, як тепло від нагрітого тіла. Чим ближче до покладу, тим легше його помітити. Звичайно, струми в землі зовсім незначні. Але вчені створили прилад, який може виміряти навіть найслабші земні струми, а значить, і вказати шлях до природної батареї — покладу.

А якщо немає і цих батарей? Що ж, коли родовище не посилає вісників ні до електричних, ні до магнітних, ні до гравітаційних приладів, ми самі спрямуємо вглиб силу, яка дасть змогу його виявити! Але якою ж силою можна розпоряджатись на свій розсуд?

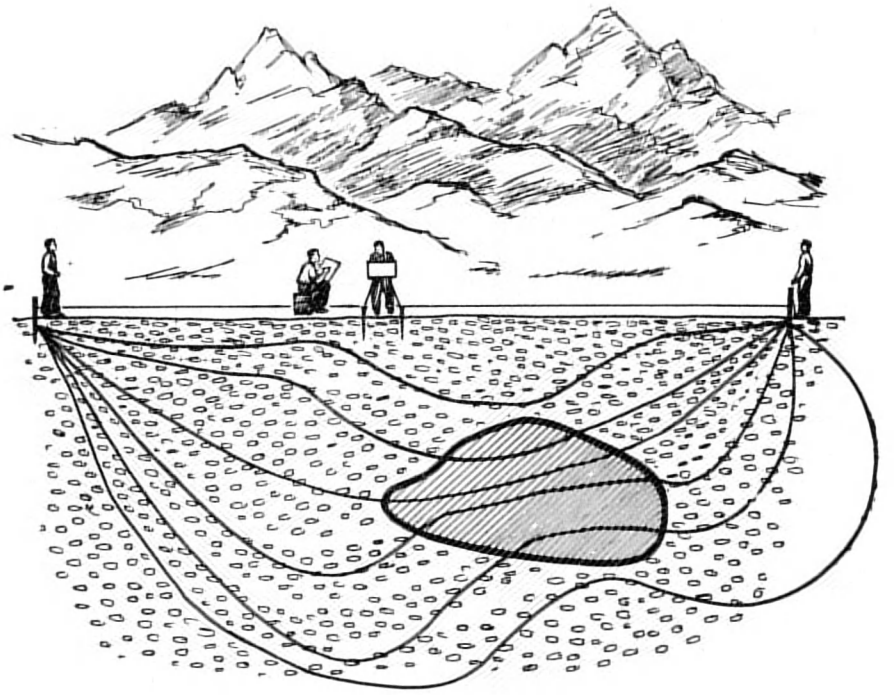


Схема електророзвідування. Через крайні електроди струм проходить у землю. Електроди в середині ведуть до вимірювального приладу. Лінії струму змінюють напрям і згущаються біля рудного тіла.

Зробити руду важчою, ніж вона є, звичайно, неможливо: не вміємо ми поки що й намагнічувати підземні поклади. А от електричний струм? Як часто, йдучи через заземлення, він блукає в землі марно. Чи не можна послати його на розвідку?

Пам'ятаєте, нам допомагала виявити поклад відмінність щільностей і магнітних властивостей гірських порід? Але ж електричні властивості гірських порід теж різні.

Проходячи крізь кварц, струм-розвідник зустріне опір у 10 раз менший, ніж у слюді. Опір ангідриту ще в 10 000 раз менший і все-таки незмірно більший (у мільйони мільярдів разів), ніж у справжніх провідників — металів. Ось ці відмінності роблять можливими електророзвідування земних глибин.

Спрямуємо струм від батареї в землю через два залізних кола-електроди. Струм потече в землю по всіх породах, але сильніший буде там, де опір менший. І як досвідчений лоцман, вивчаючи течію ріки, може розпізнати, де мілина, а де пороги, так і електророзвідник, вивчивши земні струми біля поверхні, може взнати, що зустрів струм у глибині і як чергуються породи, які погано і добре проводять струм.

А серед них можуть бути й ті, які розвідник шукає.

Способів електричного розвідування є дуже багато. Струм посилають на будь-яку потрібну глибину (до кількох кілометрів), відправляють у плавання з підземними водами, «просвічують» змінним струмом землю. Адже ми самі керуємо тією силою, яку потім вимірюємо і можемо змінювати її, як буде треба, щоб полегшити шукання.

Це, звичайно, дуже важлива перевага. Але в такому разі чи не знайдуться у розвідника й інші помічники?

РОЗВІДУВАННЯ ВИБУХАМИ

У 1608 р. вороги обложили старовинну російську фортецю—Троїце-Сергіївську лавру (у м. Загорську). Зломити стійкість захисників вони не змогли і в глибокій таємниці почали робити підкоп під кріпосні мури. Але російський військовий «розмисл» (інженер) Влас Корсаков зумів розгадати заміри ворога і визначити місце підкопу: він наказав викопати кілька глибоких «колодязів» (ям) і влаштував у них «слухи часті», тобто стежив за шумом саперних робіт, який доходив крізь землю. Підкоп було виявлено і знищено. Зробивши сміливу вилазку, захисники фортеці розбили вороже військо, і його недобиткам довелося забиратися геть.

Що ж могло донестися крізь землю до Власа Корсакова?

У статті про землетруси ви читали, що від удару, поштовху розбігаються на всі сторони хвилі в земній корі. Вони схожі на хвилі від каменя, який кинули у воду.

Влас Корсаков використав ці сейсмічні хвилі як вісники подій, що відбувались у землі. Тепер учені примушують сейсмічні хвилі розповідати про все, що вони зустріли в глибині.

Сонячного дня підійдіть до спокійної річки. Ви побачите відбиття сонця й дерев біля бе-

рега. Але, придивившись, ви помітите і дно річки: значить, при переході сонячного світла у воду частина променів відбилась, а частина пішла далі і освітила дно. У воді промені підуть вже в новому напрямі: опустіть у річку палицю і вам здасться, що вона переломилась.

Такі відбиття і заломлення зазнає не тільки світло, а й сейсмічні хвилі, коли вони переходять з одного середовища в інше, наприклад, з одного пласта в інший. Дійшовши до нових порід, сейсмічні хвилі поділяються: частина з них, заломившись, піде далі, а частина — відбившись, повернеться на поверхню. І при кожній зустрічі з новими пластами на поверхню прибіжать вісники— відбиті хвилі.

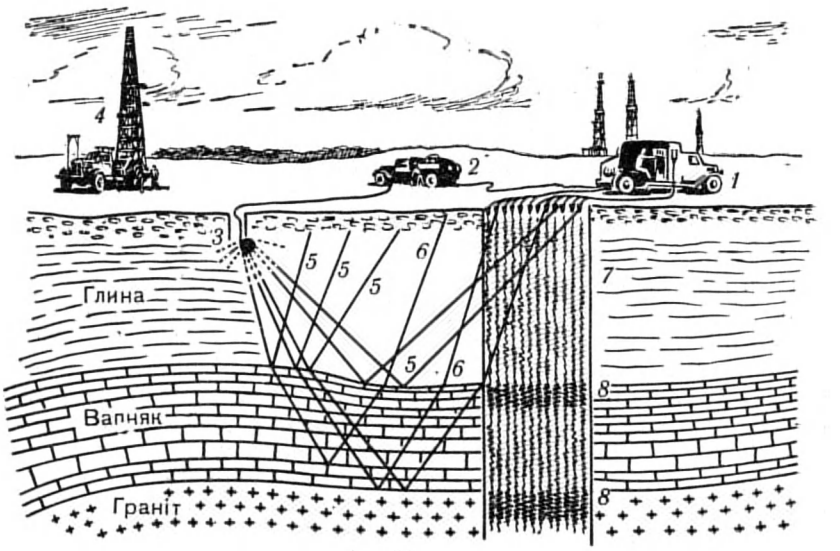


Схема сейсмічного розвідування:

1 — сейсмічна станція; *2* — вибуховий агрегат; *3* — вибухова свердловина; *4* — верстат для буріння свердловин; *5* — промені хвиль, відбитих від покрівлі вапняку; *6* — промені хвиль, які заломилися в шарі вапняку і відбилися від граніту; *7* — сейсмограма — фотозапис на стрічці коливань пластів землі. Сейсмограму одержують на сейсмічній станції; *8* — вступ відбитих хвиль на сейсмограмі.

Тепер ви можете зрозуміти схему сейсмічного розвідування на рисунку.

Насамперед треба послати сейсмічні хвилі в глиб землі. Це справа не важка: досить порівняно невеликого вибуху, і в землі виникнуть струси, які можна записати спеціальними приладами — сейсмографами. А от щоб дістати такий запис, доводиться вивозити в поле справжню фізичну лабораторію.

Сейсмічні хвилі, що відбились від усіх меж, підходять до сейсмографів. Там коливання грунту перетворюються в електричний струм. Щоб краще простежити шлях хвиль, на поверхні встановлюють кілька десятків сейсмографів. Струм від них спрямовується на пересувну сейсмічну станцію, де за допомогою складних приладів дістають сейсмограму — фотозапис показів усіх сейсмографів.

Звичайно, сейсмічні хвилі не можна спрямувати, як промені світла, тільки на те, що хочеш побачити. У відповідь на вибух прийдуть і відбиття від кожного пропластка і розриву в землі, і хвилі, які біжать по поверхні. Розгадати серед хору цих відгуків те, що нам потрібно, — нелегке завдання. Але акад. Г. О. Гамбурцев винайшов спеціальні прилади, які «не пускають» на сейсмограму «зайві» хвилі, а потрібні — підсилюють у сотні тисяч і мільйони разів. І кінець кінцем у руках сейсморозвідника буде чітка розповідь сейсмічних хвиль про те, що відбулося. З цієї розповіді він може дізнатись, як лежать у глибині гірські породи.

ОСОБЛИВІ ОЗНАКИ

«Зважувати», «вистукувати», пропускати струм можна при розвідуванні кожного родовища: адже всі предмети на Землі мають вагу і— погано чи добре — пропускають струм і передають струм. Але, як і люди, корисні копалини іноді мають особливі прикмети, властиві лише їм. А якщо є особливі прикмети, можна придумати і спеціальний спосіб розвідування.

Наприклад, поблизу нафтових покладів часто трапляються виходи газу. У невеликих кількостях газ обов'язково проникає в грунт, і, звичайно, чим ближче до родовища, тим його більше. Тому газове знімання—визначення кількості газу в різних місцях грунту — полегшує шукання нафти.

Навколо родовищ важких металів у породи теж вкраплюються дрібнісінькі частинки корисної копалини — золота, свинцю, олова. Їх можна виявити спеціальним аналізом, і такий слід, звичайно, теж приведе до родовища. Цей спосіб розвідування називається металометрією.

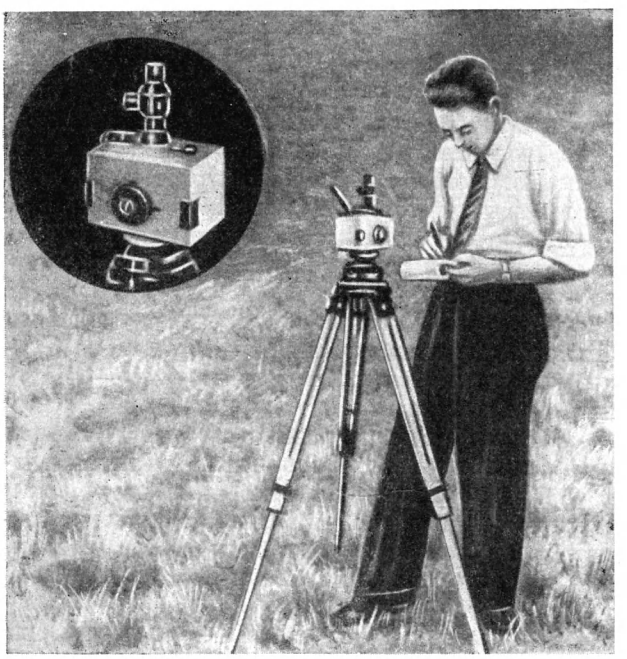
Найзавзятіші мандрівники — частинки, що їх випромінюють радіоактивні руди. Вловлюючи

це випромінювання, радіорозвідуванням можна виявити радіоактивні речовини, навіть коли їх припадає два-три грами на мільйон тонн пустої породи (див. стор. 115).

ЯК ЗРОЗУМІТИ МОВУ ПРИЛАДІВ

Способи розвідування, про які ви зараз прочитали, називаються г е о ф і з и ч н и м и, бо щоразу ми визначаємо геологічну будову, вивчаючи здалеку фізичні властивості гірських порід.

Ви пам'ятаєте, геолог починав роботу з того, що вивчав геологічну будову крізь невелику кількість «вікон»— відслонень. Для геофізика такі «вікна» — стоянки його приладів. Нелегкий шлях лежав від рідких плям — відслонень — на карті до геологічної моделі району. І шлях від колонок цифр — повідомлень приладів або рулонів із сейсмограмами, де записані покази сейсмографів,— до мети розвідника — карти підземної будови пластів — нелегкий шлях. Пам'ятаєте казку про Ріпку? Уявіть, що ви захотіли дізнатися, як сильно тягне тільки одна мишка. Схоже завдання і в гравіметриста. Адже тягарець його гравіметра притягує вся Земля, тягнуть величезні брили — материки і окремі гори — і Місяць, а треба виділити тільки силу притягання до покладу.



Біля магнітної ваги.

Не легше й магніторозвідникові: стрілку його приладу відхиляє не тільки «магніт»-родовище, а й «магніти»-материки, і той «магніт», на якому ми живемо,— уся Земля. Потрібні складні математичні розрахунки і тонке чуття слідчого, щоб розпізнати силу, яка йде саме від родовища.

Розшифроване повідомлення приладу наносять на карту; зміна сили допомагає точно встановити, як лежить під землею поклад.

У сейсморозвідника — свої труднощі. Звичайно, якщо межа між пластами рівна і не нахилена, то визначити її глибину за сейсмограмами — проста арифметична задача. Але уявіть, що вам показали відбиття людини в кривому або розбитому дзеркалі і запропонували намалювати її справжній портрет. Подібну задачу доводиться розв'язувати і сейсморозвідникові, коли він натрапляє на відбиття від вигнутих, розсічених тріщинами пластів. Зате, коли всі труднощі подолано, в руках у геофізика «портрет» родовища — карта підземних структур.

РІЗНІ ЗАВДАННЯ — ОДНА МЕТА

Геофізичні способи розвідування порівняно молоді (їм років 40), але вже тепер ми вміємо виявляти магнітний поклад з літака і зважувати глибокі рудні жили. Чи не стає праця геолога-шукача взагалі непотрібною?

Ні! Геофізик використовує найточніші прилади, вирушає в далеку подорож із складним обладнанням. І перед тим як почати роботу, він повинен правильно вибрати спосіб геофізичного розвідування. Він має бути впевнений, що його складна техніка використовуватиметься не даремно. Усе це дає геофізикові робота геологів.

Геолог складає план геологічної будови місцевості; геофізик дізнається з цього плану, як розміщуються основні породи району, і вирішує, якою фізичною властивістю може видати себе родовище.

Геолог з'ясовує, де доцільно вести докладне розвідування, іноді виявляє верхній край родовища; геофізик точно простежує під землею контури покладу.

Значить, робота геофізика — природне продовження і завершення роботи геолога.

ОСТАННЄ РОЗВІДУВАННЯ

Ми шукали родовище, потім уточнювали його адресу, нарешті перед нами його «портрет». Чи не час гірникам почати розробку по-

Качконосий динозавр — найбільший двоногий динозавр.

Парейазаври (на передньому плані) були великими, завбільшки з бика, травоїдними плазунами, їх ворогом була іностранцевія (на задньому плані).

кладу? Почекайте! Портрет треба ще звірити з оригіналом: адже розвідники могли помилитись, та й якість підземної руди поки що невідома.

Перевірити карту, провести остаточне розвідування — значить прорватись до покладу. Так і роблять: близький поклад перерізають канавками, розкривають розвідковими колодязями — шурфами; до глибокого покладу доводиться пробурювати свердловини. Зустріч відбулась! Розвідник перевіряє склад і розташування шарів, встановлює точні розміри покладу, бере зразки порід, визначає запаси та якість руди. І коли це останнє розвідування, «розвідування босм», підтвердить висновки геолога і геофізика, приготування до «штурму» — промислової розробки родовища — закінчено.

Виросте цілий ліс бурових вишок, або глибокі штольні проріжуть гірський масив, або потужні екскаватори вгризуться в землю, вириваючи велетенські котловани, засвітяться вогні нового селища, загудуть поїзди на спеціально прокладеній залізниці, і вугілля, нафта, руда потечуть туди, де на них чекають робітники нових заводів і будов.

А геолог? Він вже далеко — у місці ще глухому і невідомому, де його змінить шукач, вистежуючи родовище, де потім з'явиться геофізик із своєю польовою лабораторією, де розвідник уточнить їх висновки... але для вас тепер ця історія відома.

НА СЛУЖБІ НАРОДУ

Декому з вас робота геолога, може, здавалась справою особливою, сповненою азарту і пригод, як-от шукання золота в оповіданнях Джека Лондона і Брет-Гарта.

Особливих таємниць не виявилось і надзвичайних пригод, як бачите, не сталось, зате справжня різноманітність і захопливість цієї роботи далеко багатші від того, що можна уявити собі з пригодницьких книжок.

Якщо вам до душі ця справа, ви завжди знайдете в ній застосування своїм здібностям, хоч би чим ви цікавились.

Після далекого маршруту з важким рюкзаком розкладати вогнище під дощем; по одній знайденій кістці відновлювати вигляд вимерлого страховища; у затишку кабінету досліджувати під мікроскопом зразки порід; робити математичні розрахунки, щоб перекласти покази приладів на мову геології, і багато, багато іншого випадає людям, які вивчають надра і відкривають підземні багатства нашої Батьківщини. Хто ж усе-таки геолог — слідопит, конструктор чи математик? Кожна з цих відповідей по-своєму правильна.

Але головне в роботі геолога, як і в будь-якій іншій,— ті цілі, заради яких вона провадиться.

Погляньте на карту корисних копалин нашої Батьківщини. Багатства її надр були ті самі, що й тепер, і не бракувало у нас людей — допитливих, готових на поневіряння і злигодні заради вітчизни, і людей, які рухали вперед науку. І все ж за кілька століть освоєння наших надр просунулося менше, ніж за роки Радянської влади. Ці роки в геології — шлях від науки одинаків до науки народної і для народу. Саме в цьому розгадка успіхів радянської геології.

І тому, посилаючи експедиції на розшуки нових родовищ, ми думаємо не тільки про те, що можна взяти з надр землі тепер, а й про те, що вони дадуть у майбутньому.

Спрямована за єдиним планом, підтримана народом, розшукувальна справа досягла у нас величезних успіхів.

Для здійснення грандіозного плану розвитку народного господарства СРСР, накресленого семирічним планом, потрібна величезна кількість різноманітної мінеральної сировини. У зв'язку з цим приблизно на 65% збільшується обсяг геологорозвідувальних робіт. Мабуть, серед наших читачів буде немало розвідників скарбів землі.

У ШУКАННІ ВИМЕРЛИХ СТРАХОВИЩ

Робота палеонтолога дуже схожа на роботу археолога й історика, які пильно вивчають рештки матеріальної культури народів, уривки написів, сторінки зотлілих книжок, часто написаних зниклою мовою.

На основі цих матеріалів учені відновлюють історію життя людей на Землі в далекому минулому.

Палеонтологи по уцілілих у гірських породах рештках вимерлих тварин — черепашках,

Машини експедиції просуваються по Західній Гобі.

кістках, зубах, панцирах і лусці — відновлюють не тільки будову й зовнішній вигляд викопних тварин, а й спосіб їх життя — умови існування мільйони років тому. Учені порівнюють кістяки вимерлих тварин і сучасних. При цьому палеонтологи спираються на вчення про зв'язок будови живих організмів з умовами їх існування.

Особливо цікаві висновки дають можливість зробити дослідження організмів з найскладнішою будовою — хребетних тварин.

Звідси ясно, що чим повніші знахідки викопних хребетних, тим більше значення вони мають для вчених.

Знайти викопне хребетне, яке б добре збереглося, вдається рідко, бо для цього воно мало потрапити в умови, надзвичайно сприятливі для збереження. Зрозуміло, що «кладовища» викопних хребетних тварин завжди привертають увагу дослідників.

На території Радянського Союзу вчені знайшли кладовища динозаврів — велетенських плазунів — біля підніжжя хребтів Тянь-Шаню в Узбекистані, Казахстані та Киргизії. На жаль, ці кладовища були зруйновані при повторному піднятті цих хребтів і зазнавали розмиву. Від динозаврів залишились тільки величезні скупчення розламаних і зруйнованих до невпізнання гігантських кісток. Якими великими були ці кладовища вимерлих страховищ, можна судити з того, що уламки кісток динозаврів шарами в кілька метрів завтовшки становлять цілі кісткові пасма в десятки кілометрів завдовжки! Іншими словами, кістки динозаврів лежать масою в сотні тисяч тонн!

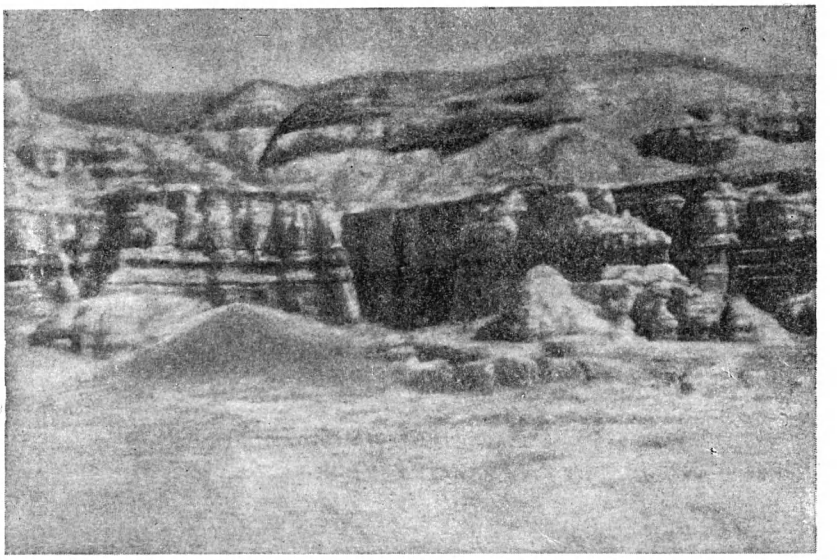
Велетенські ящери — динозаври — жили в мезозойську еру і вимерли на всій Землі до початку ери нового життя (кайнозою) — близько сімдесяти мільйонів років тому (див. стор. 189). Їх замінили ссавці — найвищий тип хребетних, до якого належать усі сучасні звірі і людина. Найдавніший етап розвитку ссавців припадає на початок кайнозойської ери, тобто на початок третинного періоду. Він надзвичайно цікавий для з'ясування всієї історії ссавців. Але в нашій країні майже немає відкладів, які належать до самого початку третинного періоду, бо вони були розмиті в зв'язку з підняттям гірських хребтів Середньої Азії.

Табір експедиції в районі Алтан-Теелі (Західна Монголія). В цьому районі знайдено велику кількість черепів та інших валишків ссавців третинного періоду.

Проте цілком ясно, що розвиток і розселення як численних велетенських динозаврів, так і давніх ссавців не могли відбуватись тільки на порівняно невеликій ділянці земної поверхні. Безумовно, воно захоплювало величезні простори суші. Розмиті велетенські кладовища динозаврів у Середній Азії і знахідки викопних ссавців пізнішого часу незаперечно свідчать, що ті тварини були поширені по всьому Азіатському материку, точніше — тому материку, який був на

місці Азії в мезозойській і на початку кайнозойської ери. І от саме через це вчені звернули особливу увагу на Монголію.

Територія Монгольської Народної Республіки і суміжних областей Китаю розташована в самому центрі Азіатського материка. Вона була сушею з дуже давніх часів. З середини мезозойської ери там існував величезний материк, і з того часу море не затоплювало його. Природно, що радянські вчені вирішили шукати у відкладах цієї давньої суші рештки велетенських ящерів — динозаврів — і найдавніших ссавців, які прийшли їм на зміну.



Обриви, в яких вустрічаються кістки диновавврів.

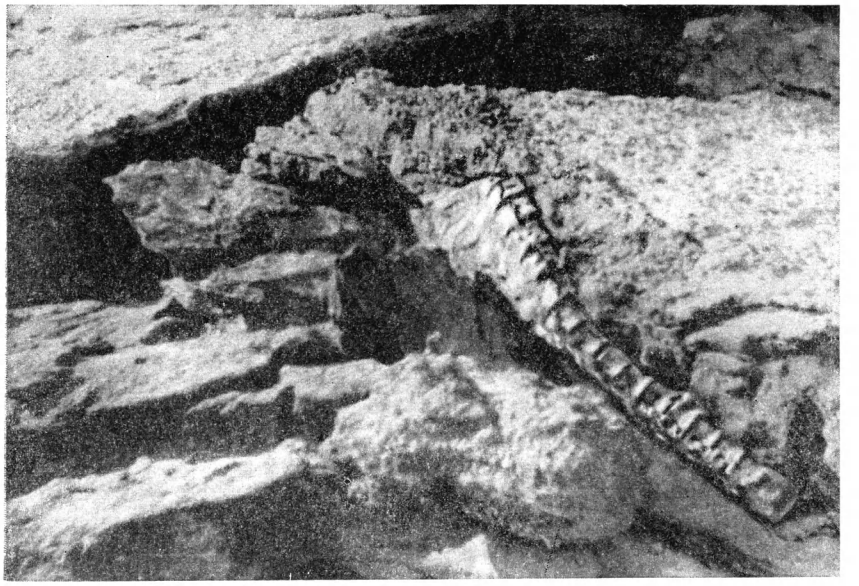
За радянськими ученими пішли американці, які послали в Центральну Азію кілька палеонтологічних експедицій в 1922—1925 рр. Американським ученим не вдалося знайти в Центральній Азії багатих кладовищ великих динозаврів.

На підставі матеріалів американських експедицій зарубіжні вчені зробили неправильний висновок, що територія Монголії нібито з давніх-давен була пустинею, де життя жевріло лише в невеликих оазисах: там водились дрібні плазуни, великих ящерів було мало, і вони ледве животіли, страждаючи і гинучи від нестачі води та корму.

Цей висновок суперечив спостереженням і висновкам радянських учених, які було зроблено на підставі знахідок, добутих у межах Радянського Союзу. Академія наук СРСР у 1946 р. вирішила відрядити до Монгольської Народної Республіки спеціальну експедицію. Начальником експедиції призначили автора цієї статті (проф. І. О. Єфремова.—*Ред.*). Перша експедиція 1946 р. мала, так би мовити, розвідувальний характер. Невелика за складом, вона все ж проникла далеко у невивчені області пустині Гобі і зробила цікаві відкриття.

На північній окраїні пустині, так званій «Чорній Гобі», за горами Гурван-Сайхан ми проникли у величезну западину між суворими голими горами Немегету і Тосту. Западина ця міститься далеко від проїжджих шляхів. Вона заповнена пісками і заросла давніми саксаульниками. З великими труднощами пробившись на машинах по сипучих пісках, експедиція

Учасники експедиції проводять ровкопки в районі Алтан-Ула.



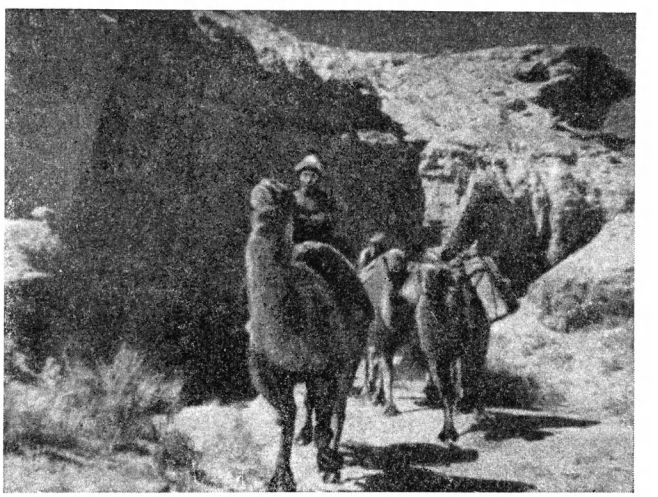
Хребет качконосого диноававра в породі («Могила дракона»).

відкрила біля підніжжя хребта Немегету величезне кладовище гігантських ящерів — динозаврів. Потім ми пройшли гірською ущелиною на північний бік хребта, де натрапили на ще більшу западину. Оскільки вона була безіменна, ми назвали її на честь акад. В. О. Обручова, найвидатнішого геолога нашої країни, дослідника Центральної Азії (див. стор. 276).

Дно цієї западини місцями було рівне, без рослинності і вкрите рівномірним шаром щебеню. Для машин це була прекрасна дорога, якою можна було мчати на повній швидкості. Тут ми побачили незабутнє видовище: табуни сірих куланів (диких ослів) гасали вперед і назад, шукаючи поживи й води. Саме тут уперше ми зустріли диких коней. Так званий кінь Пржевальського — останній з усіх порід диких коней — уцілів лише в найвіддаленіших районах Центральної Азії. Невеликі табуни диких коней, дуже прудких і обережних, зустрічали ми і в наступні роки далі на захід, у Заалтайській і Джунгарській Гобі.

На північному сході западини Обручова, у глибокій вимоїні Ширегін-Гашун, площею на кілька сотень квадратних кілометрів, ще виявили нове скупчення кісток динозаврів. Дальший шлях на схід, куди простяглись червоноколірні пісковики, жовті піски і пурпурові глини — відклади давньої азіатської суші, заступили піски. Велетенські бархани — горби рухомого піску до 120 *м* заввишки — зловісно курились вершинами під різким осіннім вітром. Нам довелося круто повернути на південь у гірську ущелину хребта Себерей, звідки ми вийшли на його південний схил і без особливих вже труднощів досягли дороги, якою їхали раніш до Немегету. Продовження смуги червоноколірних порід ми знайшли на північ від аймачного (обласного) центра Далан Дзадагад. Там серед невисоких спалених сонцем горбів були вузькі западини — улоговини — з глинистим дном. Глина, що висохла і потріскалась, була тверда, як цемент, але як тільки пішов невеликий дощ, наші машини опинились в пастці, без усякої надії вибратися з неї, аж поки глина знову висохне і затвердіє.

У глибині другої на захід улоговини експедиція виявила кладовище дрібних давніх динозаврів, з головами, схожими на голови папуг. Ще далі на захід, там, де вже починались піски, в горі Олгой-Улан-Цаб, яка стояла окремо, ми знайшли кістяк найбільшого динозавра — зауропода. Кістяк містився в твердому пісковику і зверху був прикритий твердими плитами.

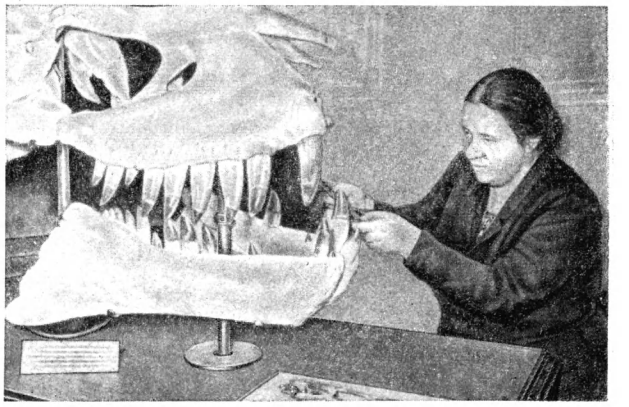


Вивезення кісток диноавврів в ущелини гори Алтан-Ула (Південна Гобі).

Потім ми повернули на схід. У Східно-Гобійському аймаку було не менш цікаво. Ми знайшли скупчення скам'янілих деревних стовбурів, окремі уламки яких досягали 8 *м* висоти і кількох тонн ваги; решткн викопних лісів з вертикальними пнями по 3 *м* у поперечнику; скупчення кісток панцирних динозаврів і хижих двоногих ящерів; безліч решток вимерлих черепах.

Коли повернулась перша експедиція, Академія наук СРСР вирішила відрядити до Монгольської Народної Республіки нову експедицію, краще оснащену технічно, із збільшеним складом наукового персоналу та робітників. Ця експедиція працювала два сезони в 1948—1949 рр. Вона розкопала кладовище динозаврів у западині Немегету і окремі знахідки першої експедиції, які вона не займала через брак часу і сил: скупчення кістяків панцирних динозаврів і величезний скам'янілий стовбур дерева в Східній Гобі; кістяки дрібних динозаврів і крокодилів у північній частині Південної Гобі. Друга палеонтологічна експедиція знайшла в західній частині западини Немегету решткн великих і дрібних викопних черепах, які залягали цілими шарами. Панцири черепах були щільно спресовані один з одним. Це було дивне видовище! Але найцікавішу знахідку ми виявили в центрі Немегетинської западини: у пасмі червоних глин і білих пісків знайшли решткн дуже давніх ссавців, які жили в епоху, яка настала безпосередньо після великого вимирання динозаврів. Таких химерних звірів нікому з нас ще не доводилось бачити. Своїм зовнішнім виглядом вони нагадували найрізноманітніших сучасних тварин, наприклад, ведмедя і носорога, шаблезубого хижака і травоїдну тварину. Так уперше в світі в центрі Азії було знайдено повні кістяки представників давньої групи ссавців — д и н о ц е р а т.

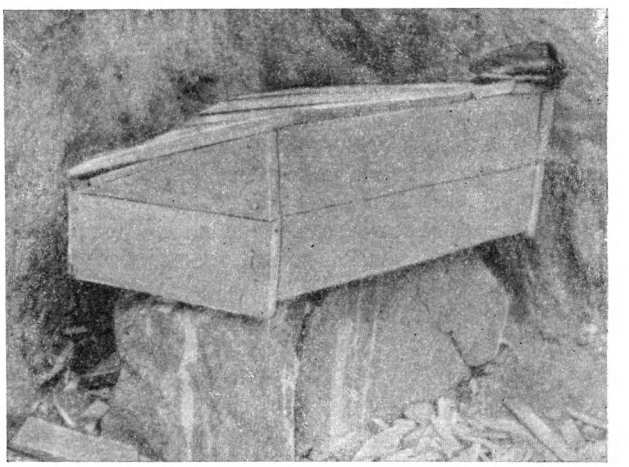
У важкодоступних ущелинах гори Алтан-Ула ми виявили кістки семи кістяків велетенських качконосих динозаврів, знесені давнім потоком в одне місце. Вони залягали буквально купою, разом із стовбурами скам'янілих дерев. За життя качконосі динозаври ходили на задніх лапах і досягали 6—7 *м* висоти. Нам вдалося викопати ніде раніше не зустрінутих велетнів 9—10 *м* заввишки. Треба було докласти багато праці, щоб видобути ці кістяки з твердих плит пісковика, в який перетворилися піски, що їх прикрили. Зате як нас порадував качконосий динозавр, кістяк якого залягав у пухких пісках біля



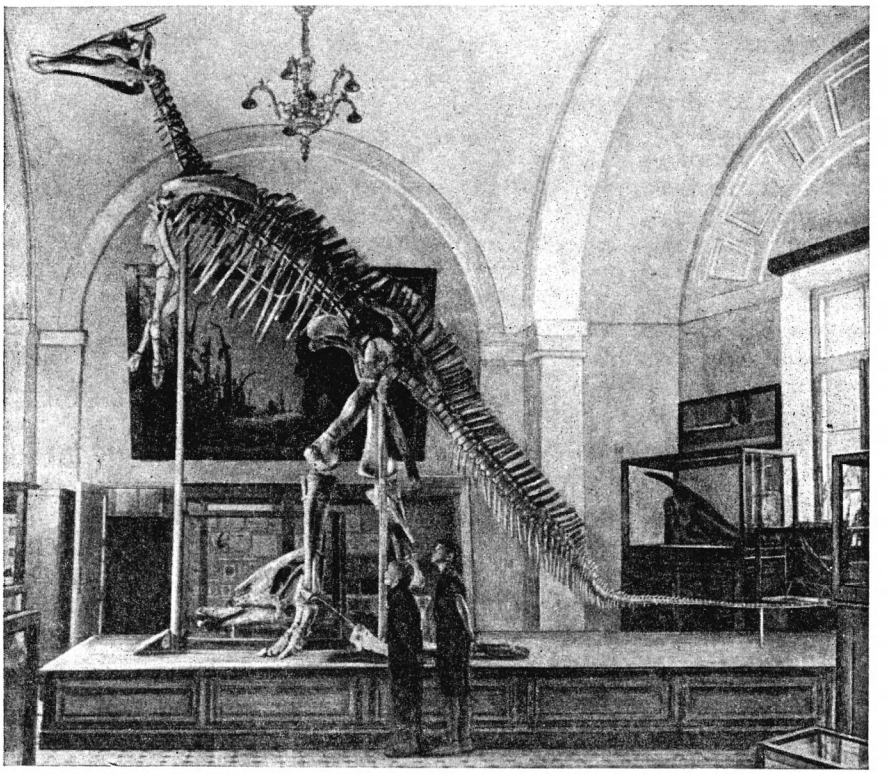
Череп великого хижого динозавра, знайдений у Південній Гобі.

підніжжя хребта Немегету, на дні глибокої вимоїни! Цей кістяк тепер прикрашає вестибюль Палеонтологічного музею в Москві. Якщо ви побуваєте в цьому музеї, то зверніть на нього увагу.

У Східній Гобі наша експедиція розкопала русло давньої річки, де виявила велику кількість похованих решток давніх водяних носорогів, гієноподібних хижаків, велетенських свиноподібних звірів, давніх парнокопитих — представників сучасних жуйних тварин. Крім того, тут знайдено кістки птахів, серед них і дуже великих безкрилих хижих птахів, а також кістяки величезних сухопутних черепах, що розмірами не поступаються перед сучасними слоновими черепахами Галапагоських о-вів. Тут же (в Ергіль-Обо), але в дав-



Моноліт з кістками динозаврів.



Кістяк качконосого диноавра в Палеонтологічному музеї в Москві.

ніших шарах гірських порід ми знайшли черепи величезних титанотеріїв — химерних носорогоподібних тварин з важким кістяком і схожим на лопату кістковим виростом у передній частині черепа.

Нові дослідні маршрути проклала експедиція в Заалтайську Гобі, в «Долину озер», у Західну Гобі, у Бегер-Нурську западину.

У Західній Гобі, у Дзергенській улоговині, виявили велике кладовище носорогів, мастодонтів, трипалих коней (гіпаріонів), жирафів і хижаків.

Кістяки тварин були буквально навалені один на одного, і найбільше серед них траплялось носорогів.

У районі оз. Орок-Нур ми знайшли велику кількість кісток дрібних ссавців, які жили близько 35—40 млн. років тому: різноманітних гризунів, схожих на сучасних хом'яків або зайців; хижаків, схожих на сучасних куниць; комахоїдних, дуже схожих на їжаків; дрібних парнокопитих — предків оленів і антилоп. В інших шарах виявили кістки мастодонтів і велетенських носорогів — белуджитеріїв, які перевищували найбільших з сучасних слонів.

Як же могли утворитись такі скупчення решток тварин?

Колись, близько 6—10 млн. років тому, міжгірські западини на величезних степових просторах, які простягались від Каспійського до Жовтого моря, населяли численні тварини. Іноді в горах бували великі, тропічного характеру, зливи, і могутні потоки враз заливали передгір'я. У цих потоках гинуло безліч найважчих тварин, які не могли врятуватись від поводі втечею. Тому в кладовищах Дзергенської і Бегер-Нурської западин найбільше кісток належить вимерлим носорогам і мастодонтам.

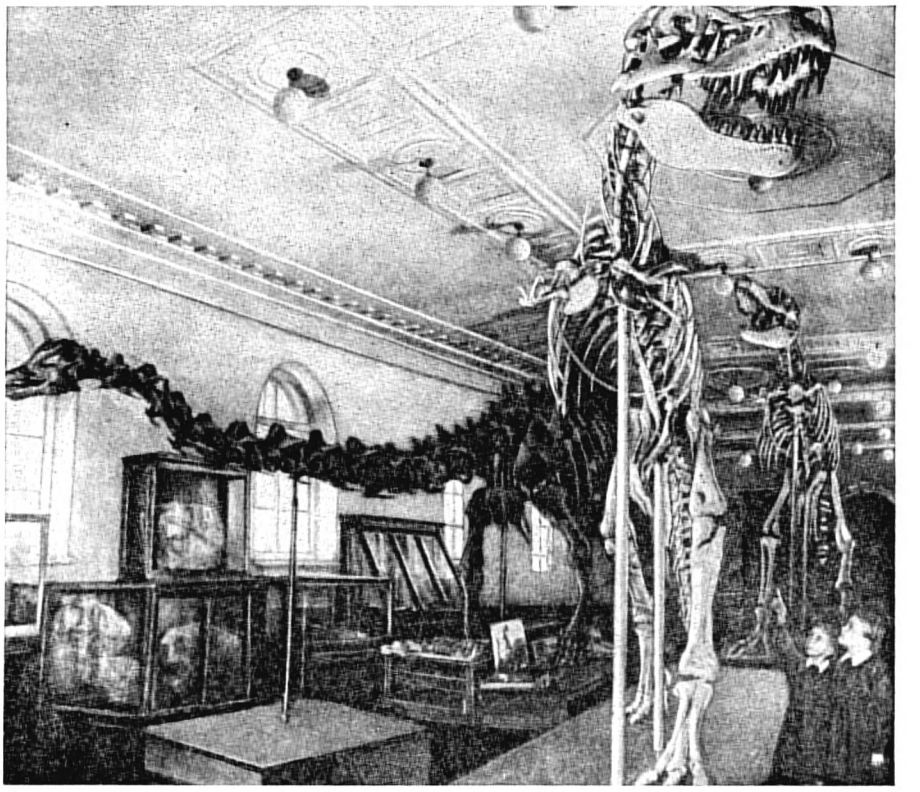
Тепер вже немає сумніву в тому, що на місці Центральної Азії в мезозойську еру була не одвічна пустиня, оточена безплідними горами, а величезна низовина з буйною рослинністю. Ця низовина займала узбережжя моря, і її оточували невисокі, густо порослі лісами височини. У затоплених лісах, протоках і на низинних берегах жили численні ящеридинозаври, кишіли черепахи, водились крокодили.

Загальне підняття всієї Азії в кайнозойську еру знищило сприятливі умови життя для велетенських ящерів, і вони вимерли. На рівнинах у степах уздовж підніжжів гірських хребтів розмножились і поширились численні й різноманітні ссавці. До такого висновку ми прийшли на підставі всіх матеріалів експедиції.

На палеонтологічні знахідки пішло багато праці й часу: треба було обережно вийняти кістяки з гірських порід, старанно упакувати і вивезти їх з віддалених і бездоріжних районів гобійської напівпустині. Улітку нас мучила сильна спека і постійний вітер, що майже не припинявся в пустині Гобі. Часто не вистачало

води. Навесні і восени багато неприємностей завдавали піщані бурі, які тривали по кілька діб. Нелегко було пристосовуватись до різких коливань температури вдень і вночі. Але свідомість того, що наша робота збагатить науку новими матеріалами, допомагала зносити всі злигодні. За час експедиції ми навчилися вільно орієнтуватися в гобійських просторах і вести свої машини без допомоги провідників через найрізноманітніші перепони.

Багато в цих місцях було незвичного для нас. Наприклад, для дослідження виходів червоноколірних гірських порід у Гобі треба було не підніматись угору, як це ми робили в усіх інших місцях, а, навпаки, спускатися вниз. Пояснюється це тим, що виходи кісткоиосних порід — червоноколірних пісковиків, глин і галечників — у Монголії звичайно зустрічаються в основі високих гірських хребтів, піднятих у вигляді п'єдесталів. Тимчасові потоки від дощів чи танення снігів прорізували в них глибокі вимоїни, ущелини та яри, по яких дослідники й проникали в саму їх товщу.



У Палеонтологічному музеї Академії наук СРСР.

Після повернення з експедиції одразу почалась дуже трудомістка робота по препаруванню (тобто звільненню скам'янілих кісток від гірської породи) і монтуванню кістяків. Кістяки хижих динозаврів, кістяки качконосого і двопанцирних динозаврів, черепи і кістяки давніх ссавців — диноцерат, титанотеріїв, носорогів та ін., а також багато решток черепах вже виставлено в Палеонтологічному музеї Академії наук СРСР у Москві.

Науковій обробці зібраних матеріалів присвячено кілька томів у виданні Академії наук СРСР.

Робота в пустині Гобі згуртувала всіх співробітників експедиції — радянських людей і представників дружнього монгольського народу — в єдиний колектив, якому не страшні були ніякі перешкоди і труднощі в дослідницькій роботі.

Кочове населення Гобі — арати (скотарі) завжди охоче допомагали нам усім, чим могли.

Постійну підтримку і увагу експедиція відчувала з боку державних організацій Монгольської Народної Республіки. Усе це забезпечило успіх нашої палеонтологічної експедиції.

Члени експедиції організували палеонтологічний відділ Центрального державного музею в Улан-Баторі, експонатом якого став кістяк гігантського хижого динозавра.

Під час роботи експедиції було знято кінофільми, один з яких («На розшуки динозаврів у Гобі») демонструвався багато разів на екранах наших кінотеатрів, і, може, ви бачили його.

Монгольська палеонтологічна експедиція, можна сказати, ще тільки доторкнулась до викопних скарбів Центральної Азії, і все ж

її висновки примусили докорінно змінити погляди вчених на історію давньої центральноазіатської суші.

Ще більше наукових скарбів і таємниць буде відкрито в недосліджених місцях великої пустині Гобі.

Червоноколірні відклади давньої центральноазіатської суші заходять далеко на південь, у межі Китаю, у Внутрішню Монголію, до долини р. Хуанхе, в Едзін-Гольську западину і далі в «Долину бісів» і до передгір'їв Тібету.

Дослідження цих величезних просторів стане завданням не дл. одного покоління вчених двох великих і дружніх країн — Радянського Союзу і Китаю.

З історії зарубіжної геології

ПЕРШІ ГЕОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Геологія — одна з наймолодших наук, але геологічні спостереження почалися ще за давніх часів, коли люди почали видобувати корисні копалини за допомогою підземних виробок і прокладати глибокі зрошувальні канали.

У Стародавньому Китаї в XX—XIX ст. до н. е. почали складати колективний твір «Сан-Хей-Дін» — «Стародавні перекази про гори та моря». Протягом багатьох століть у цю працю вносили доповнення, і до 400 р. до н. е. її було закінчено. Рукопис цього стародавнього геологічного твору зберігається в Пекінській публічній бібліотеці.

В іншому творі — «Гуан Цзи», що припадає на VII ст. до н. е., можна прочитати описи правильно помічених явищ у житті земної кори: спільного знаходження ряду мінералів, зміни складу рудних покладів у зв'язку з глибиною надр та ін.

У виробках рудників люди спостерігали шарувату будову земної кори. У товщах глин, вапняків та інших осадових гірських порід їм попадались скам'янілі черепашки. Усе це наводило на думку, що земна поверхня зазнавала в минулому якихось великих змін і продовжує змінюватись та перетворюватись.

Ще грецький філософ Піфагор, який жив

у VI ст. до н. е., твердив, що положення морів не стале. На доказ цього він вказував на знахідки морських черепашок у шарах гірських порід далеко від морських берегів. Пізніше римський географ Страбон (I ст. до н. е.) не тільки говорив про переміщення морів, а й пояснював це явище повільним підніманням і опусканням суші. «Води піднімались або спадали,— писав він,— відступали від деяких місцевостей і наводнювали інші... Одна й та сама місцевість іноді піднімається, а іноді осідає, а тому й море одночасно то затоплює землю, то знов повертається в своє ложе».

У середні віки ідеї про змінюваність земної поверхні були забуті. Під впливом церкви університетські вчені почали пояснювати геологічні явища так, щоб не суперечити біблійним легендам про «створення світу» і «всесвітній потоп». Учили, що Земля завжди лишалась такою, якою її «створив бог».

ЗДОГАДИ ЛЕОНАРДО ДА ВІНЧІ

З XII ст. передові люди почали вивчати природу, спостерігати її явища. Одним з таких провісників нової науки був відомий італійський художник і інженер Леонардо да Вінчі (1452 — 1519). Це була людина надзвичайної працездатності, різноманітних знань. На службі в міланського герцога Леонардо малював картини, виливав статуї, керував архітектурною майстернею, будував фортеці і прокладав канали для осушування боліт в околицях Мілана.

Леонардо да Вінчі.

Під час робіт, зв'язаних з прокладанням каналів, він не раз натрапляв на скам'янілі черепашки й інші рештки тваринних організмів.

Учені середньовіччя давали якнайбезглуздіші пояснення походженню скам'янілих черепашок: одні вважали, що черепашки належать загиблим молюскам, які нібито розповзлися з морів під час «всесвітнього потопу» і залишились на суші, коли море повернулося в свої береги; другі запевняли, що вони утворились у земних пластах під дією небесних світил.

Але Леонардо не визнавав цих пояснень. Знахідки черепашок на суші, на його думку, доводили, що на місці суші колись було море.

«Те, що колись було морським дном,— зауважив він в одній із своїх записних книжок, — стало вершиною гір, — про це достатньо свідчать черепашки, устриці й корали, які живуть в морі і яких знаходять тепер на вершинах гір».

Висловлювати такі думки в Італії в той час, коли церковники мали великий вплив, було небезпечно. Тільки заступництво міланського герцога врятувало художника від тюрми.

Спостерігаючи природу, Леонардо бачив, як струмки і дощові потоки розмивають сушу, як вони несуть у своїй течії мул, пісок і щебінь. На основі цих спостережень він оцінив значення текучих вод для утворення гірських порід.

«Вода — візник природи,— писав художник і вчений,— і вона веде справу так: прориває розпушений дощовими потоками грунт, при першому пориві заносить великі камені, потім дрібніші камені, в яких вона сточує краї, котячи їх, потім крупний пісок, нарешті до моря приносить дрібний пісок та мул». Леонардо вже знав, що земна поверхня зазнає постійних змін під дією сил природи.

ПЕРШІ ІСТОРИКИ ЗЕМЛІ

Першим істориком Землі вважають Плінія Старшого (близько 23—79), який написав 37 томів «Природничої історії». З них 4 томи присвячені геології та мінералогії.

Після довгого застою в науці в середньовіччі датчанин Стено (1638—1687) був першим, хто спробував розгадати таємницю походження земних пластів і гір. Замолоду він здобув учений ступінь доктора медицини і зробив кілька важливих відкриттів в анатомії людини. Довгий час Стено працював лікарем у тосканського герцога в Італії. Тут він зацікавився будовою земних пластів.

Свої спостереження над земною корою Стено виклав у книзі «Про тверді витвори Землі». У ній він доводив, що шаруваті гірські породи Італії відклались на дні моря, яке колись вкривало цю країну, що нахилені пласти, з яких складаються Апеннінські гори, так само спочатку залягали горизонтально і тільки згодом були підняті і нахилені внутрішніми силами Землі. Такими внутрішніми силами він вважав натиск лави, пари й газів, що піднімаються під час виверження вулканів.

Порівнюючи зуби і кістки піймапої в Середземному морі акули з викопними скам'янілостями, які було видобуто з пластів гірських порід, Стено знаходив між ними велику схожість. Це підтверджувало його припущення, що на місці суші колись було море. Стено відрізняв уже осадові гірські породи, які утворились на дні морів, від застиглих кам'яних мас, які колись були розплавленими.

Твори Стено не перешкодили появі нових книжок, в яких наводились якнайбезглуздіші пояснення геологічних явищ. Тільки нагромадження геологічних спостережень могло спростувати ці хибні думки.

Вчення Стено стало популярним в Італії, особливо після того, як у 1707 р. в Егейському морі в групі вулканів Санторін піднялися нові вулканічні острови. Воно панувало до 1770 р., коли було тимчасово забуте під впливом нових, менш правильних поглядів.

ВИВЧЕННЯ ГЕОЛОГІЧНИХ ЯВИЩ

Уже в першій половині XVIII ст. пробудився великий інтерес до геологічних спостережень у зв'язку з розвитком промисловості, яка потребувала руд. Сільські вчителі, землеміри, лікарі збирали зразки гірських порід і скам'янілості, зарисовували виходи земних пластів і нагромадили матеріал для висновків про походження пластів земної кори.

Як утворились відклади глин, піску, пласти пісковика і вапняку, було зрозуміло. Шаруватість і знахідки черепашок безперечно доводили осадове походження цих гірських порід.

Процес нагромадження таких осадів можна й тепер спостерігати в гирлах річок і в узбережній зоні морського дна.

Але масивні гірські породи, як, наприклад, темний важкий базальт, становили нерозв'язану загадку для спостерігачів. Її випадково розгадав француз Н. Демаре (1725—1815), коли вперше провадив геологічне знімання у Франції. Якось він натрапив на застиглий лавовий потік, що по краях переходив у властиві для базальту стовпчасті форми. Для нього стало очевидним, що щільні темні базальти на Землі є не що інше, як давні лавові потоки, зв'язок яких з кратерами вулканів знищений руйнівною роботою повітря, води та інших факторів.

Вивчаючи сліди колишньої вулканічної діяльності Землі серед згаслих вулканів Оверні, він знайшов свіжі потоки лави з нерівною, ще не згладженою поверхнею. Інші, давніші лавові потоки були розмиті і розчленовані, і тільки частина їх залишилась на вершинах височин і горбів. Нарешті, йому траплялись виходи базальту, які не тільки втратили зв'язок

з кратерами вулканів, а й встигли вкритися товстими шарами осадових відкладів. Це останнє відкриття показало Демаре, як змінюється поверхня Землі під дією вітру, текучих вод і коливань температури.

Досліджуючи гірські місцевості, учені пробували відкрити таємницю походження гір. В ущелинах і долинах вони побачили, що височини утворені складками земних пластів, зім'ятих могутніми силами природи. Очевидно, пласти гірських порід, що залягали спочатку горизонтально, як вони відклались на дні давніх морів, пізніше були підняті і зім'яті. Верхні частини складок зруйнувались, а решта нахилених пластів дає змогу уявити собі їх первісну форму. Підняття нахилених пластів над рівнем рівнини можна було пояснити тільки дією внутрішніх вулканічних сил.

У Німеччині геологи зробили спробу, керуючись складом гірських порід, поділити осадові шари з різними ознаками на формації. Так, наприклад, вони виділили в товщі гірських порід кам'яновугільну формацію, що містить пласти кам'яного вугілля, формацію черепашкового вапняку та ін.

В одних формаціях були черепашки тільки прісноводних тварин, в інших — морських молюсків.

У той час, як у Західній Європі провадились ці геологічні дослідження, у Росії заклав основу сучасної геології великий російський учений М. В. Ломоносов (1711—1765) своєю працею «О слоях земных». У цій праці він узагальнив усі відомі тоді геологічні відомості і висловив ідеї, які на багато років випередили його час (див. стор. 251).

Він твердив, що зміни земної поверхні зумовлені тими самими силами природи, які діють і в наш час, зв'язав утворення гір з дією внутрішніх, а руйнування їх — з дією зовнішніх сил: з розмивною роботою дощів, рік, морських хвиль тощо.

При цьому Ломоносов особливо підкреслював роль вулканічних сил в утворенні земної кори.

БОРОТЬБА НЕПТУНІСТІВ І ПЛУТОНІСТІВ

У другій половині XVIII ст. нагромадилась значна кількість геологічних спостережень, але геологія в Західній Європі ще не відокремилась від мінералогії в самостійну науку, як це сталося вже в Росії завдяки працям М. В. Ломоносова. Тільки наприкінці століття німецький (саксонський) мінералог Абраам Готліб Вернер (1750—1817) зайнявся спеціальним вивченням гірських порід та умов їх залягання і почав читати у Фрейберзькій гірничій академії курс геології, який приваблював численних слухачів.

Проте, пояснюючи походження гірських порід земної кори, Вернер зробив велику помилку: він твердив, нібито не тільки пісковики, вапняки та сланці, а також граніт, базальт і подібні до них породи утворились з осадів на дні океану.

Він учив, що з «хаотичної рідини», яка нібито вкривала колись усю земну кулю, спочатку осіли хімічні осади, які утворили «первинні» відклади — масиви граніту, гнейсу, сієніту та інших кристалічних порід. Над цими «осадами» нібито залягали шари «перехідної формації», серед яких вже з'явились і уламкові гірські породи.

Щоб могли утворитися осадові відклади, повинна була вже існувати суша. Тому він припускав, що рівень вод «всесвітнього океану» на той час знизився і відслонилась частина його дна.

Над первинними породами, як вважав Вернер, залягають вторинні шаруваті гірські породи — пісковики, вапняки, кам'яна сіль, кам'яне вугілля та ін., серед яких дуже багато викопних решток вимерлих організмів.

Нарешті, найбільш верхніми були «наноси» щебеню, піску та глини.

Однак Вернер не міг заперечувати існування застиглих вулканічних лав, але твердив, що вулканічних порід дуже мало і вони не відігравали важливої ролі в утворенні земної кори.

Виверження вулканів він зв'язував з підземними пожежами — горінням кам'яного вугілля.

Установивши формації по відкладах гірських порід у Саксонії, Вернер не припускав думки, щоб де-небудь вони залягали інакше. Такий порядок відкладання порід, на його думку, мав бути скрізь на поверхні Землі, і його учні намагались відшукати «формацію» свого вчителя в усіх країнах.

Якось під час екскурсії в околицях Дрездена Вернер знайшов на вершині гори пластоподібний «купол» темного масивного базальту, що підстилався пластами шаруватих порід. Це явище вже не можна було пояснити з точки зору його теорії. І все ж Вернер уперто твердив, що «базальт, глина і пісок — усі належать до однієї формації, усі виникли внаслідок мокрого осаджування з водного покриву, який колись був у цих місцях... Усі базальти — водного походження і належать до дуже молодих формацій».

Готліб Вернер.

Послідовники Вернера, прозвані «нептуністами»[1], уперто захищали теорію свого улюбленого вчителя і скрізь шукали доказів водного походження кристалічних порід.

Завдяки авторитету Вернера його хибна теорія осадового походження кристалічних гірських порід була прийнята вченими і надовго загальмувала розвиток науки про Землю. Зокрема, були забуті правильні ідеї Стено про походження гір внаслідок дії внутрішніх сил. В історії розвитку геологічних знань вплив Вернера був скоріше шкідливим, ніж корисним.

У той час як Вернер уперто захищав свою теорію, у Шотландії намагався розібратися в будові земної кори ще нікому не відомий Джемс Геттон (1726—1797). Він не був геологом і замолоду вивчав медицину в Лейдені та Парижі. Однак професія лікаря не сподобалась йому, і Геттон зайнявся хімією.

Вивчаючи застосування хімії в сільському господарстві, він перейшов жити на ферму недалеко від Едінбурга.

Геттон любив робити екскурсії по навколишніх полях і горах. З дедалі більшою цікавістю він почав спостерігати відслонення масивів і пластів гірських порід. Геологія так захопила Геттона, що, не задовольняючись околицями Едінбурга, він об'їздив усю Англію і Північну Францію. У цих країнах він бачив темні щільні базальти, не схожі на вапняки та шаруваті пісковики, і, природно, припустив, що вони виникли інакше, ніж осадові гірські породи. При цьому Геттон відмітив, що вапняк у місці стикання з базальтом змінює свій звичайний вигляд і стає схожим на мармур. Щоб пояснити це явище, він припустив, що базальт був колись розплавленою лавою, а тому породи, які з ним стикаються, змінили свій вигляд внаслідок високої температури.

Розвиваючи свою гіпотезу, Геттон припустив, що й граніт також виник від застигання розплавленої магми. Довести це можна було, тільки знайшовши в природі осадові породи, які змінилися в місці зіткнення з гранітом так само, як і при стиканні з базальтом. І от Геттон поїхав у гори, де довго ходив по ущелинах, аж поки знайшов жилу граніту, що перетинала товщу вапняку. Вивчаючи породи поблизу виходу граніту, він переконався, що в місцях зіткнення з гранітом вапняк став мармуровидним.

Так Геттон довів, що не тільки базальт, а й граніт і інші масивно-кристалічні гірські породи виникли з застиглих мінеральних розплавів.

Між прихильниками теорії походження гірських порід з осадів — нептуністами і вченими, які визнавали вогненне походження масивних кристалічних гірських порід,— плутоністами почалась уперта боротьба, яка закінчилась тільки в першій половині XIX ст.

Російські вчені не брали великої участі в цьому спорі, бо в Росії ще з часів М. В. Ломоносова встановився правильний погляд на роль вулканічних явищ в утворенні земної кори.

---

[1] *Нептуністи* — від імені Нептуна, бога моря в міфах стародавніх римлян; *плутоністи* — від імені Плутона, бога підземного царства.

УСТАНОВЛЕННЯ «ВІКУ» ГІРСЬКИХ ПОРІД

Якщо нормальне (горизонтальне) залягання пластів не порушено, то в кожній даній місцевості легко можна визначити відносний вік пластів: чим глибше залягає пласт гірської породи, тим він давніший. Покривні пласти завжди молодші від тих, які їх підстилають.

Але якщо треба порівняти вік гірських порід, що залягають у місцевостях, які віддалені одна від одної, то це завдання стає дуже важким: у різних місцевостях схожі за складом гірські породи можуть залягати в різній послідовності; тому однакові гірські породи з двох геологічних розрізів можуть бути різного віку.

Геологи довго не могли розв'язати це завдання, поки англійський землемір Вільям Сміт (1769—1839) не знайшов спосіб визначати відносний вік гірських порід.

Вільям Сміт.

В. Сміт 20 років прокладав канали і будував шосейні дороги в різних частинах Англії. У виїмках доріг та каналів, у пластах пісковика, сланців і глин він багато разів знаходив черепашки та інші скам'янілі рештки тварин. Сміт відмітив, що в різних, віддалених одна від одної місцевостях трапляються пласти з однаковими скам'янілостями. Разом з тим в одній і тій самій місцевості, у шарах, які лежать на різній глибині, він знаходив не схожі викопні рештки організмів.

Після довгого вивчення цих знахідок йому вдалося встановити, що деякі скам'янілості зустрічаються тільки в певній групі пластів. Отже, вони характеризують собою час їх відкладання.

У своїй книзі про значення скам'янілостей для визначення відносного віку відкладів гірських порід Сміт писав: «Усі пласти послідовно осаджувались на дні моря, і кожний з них містить рештки організмів, які жили під час його утворення; у кожному пласті є свої власні скам'янілості, і саме по них у певних випадках можна встановити одночасність утворення порід різних місцевостей».

Так виникла історична геологія, тобто наука про минуле життя Землі.

Але Сміт не був геологом. Для нього всі скам'янілості були тільки етикетками, які давали змогу встановити відносний вік пластів гірських порід. Тому він не міг закласти основи науки про викопних тваринних організмів — палеонтології.

ПОЧАТОК НАУКИ ПРО ВИМЕРЛИХ ТВАРИН

Зацікавившись рештками тварин, які трапляються в земних шарах, французький учений Жорж Кюв'є (1769—1832) почав збирати скам'янілі кістки в каменоломнях околиць Парижа, де видобували гіпс.

Серед кісток Кюв'є знайшов зуби якихось викопних товстошкірих. За формою зубів він установив, що вони належать до різних видів. В однієї тварини верхні кутні зуби були чотирикутними з гребенем, який виступав уперед, а нижні мали форму подвійного півмісяця; у кожній щелепі було по шість різців і довгому іклу з кожного боку. Короткі носові кістки доводили, що в цієї тварини, як і в сучасних

нам тапірів, морда закінчувалась коротким хоботом. Цю тварину Кюв'є назвав палеотерієм.

Друга товстошкіра тварина мала неперервний ряд зубів без проміжків, як це буває в людини. У кожній щелепі в неї сиділо по шість різців і по одному короткому іклу з кожного боку. Голова цього товстошкірого, якого Кюв'є назвав аноплотерієм, була довгастої форми, без хобота.

Так по рештках зубів Кюв'є дізнався про існування двох видів викопних товстошкірих. За формою зубів він установив, яка має бути форма черепа в кожного з них; потім по кількох уламках кісток Кюв'є визначив, що в однієї з тварин — палеотерія — на ногах було по три пальці. Кінцівки з двома пальцями, як гадав Кюв'є, належали аноплотерію.

Тепер, коли було відновлено черепи і кінцівки, залишилось дати кожній з товстошкірих тварин спинний хребет з ребрами, і кістяки були готові.

Чудове знання анатомії існуючих тварин допомогло Кюв'є правильно поєднувати розрізнені, переплутані частини різних кістяків викопних, давно вимерлих тварин.

Жорж Кюв'є.

В околицях Парижа він знайшов сім різних видів палеотерія. Один був завбільшки з коня; три інших — не більші за свиню і різнились лише формою ступні; нарешті, один вид не перевищував розміром зайця, а за формою тіла ця тварина була схожа на коня і носорога одночасно.

Аноплотеріїв також виявилось кілька видів: один завбільшки з осла, інші — розміром із свиню, а найменший — не більший за кроля.

Разом з цими вимерлими тваринами Кюв'є знайшов багато якихось невідомих гризунів, вимерлих птахів і кажанів, сумчастого вовка, лисицю, яка дуже відмінна від сучасної.

Маленька сумчаста миша принесла новий блискучий успіх вченню Кюв'є про закономірності, що зв'язують форму і розміри кісток.

З однієї каменоломні надійшов до музею кусок породи, в якому стирчала передня частина маленького кістяка якогось викопного звірка. По зубах і небагатьох кісточках, не звільняючи кістяка з породи, Кюв'є встановив, що це — сумчаста миша, і наперед вказав, які кістки в куску каменя.

Потім у присутності своїх недовірливих противників з великими обережностями він видобув з породи частини кістяка, і серед них справді виявили кісточку, яка підтримувала сумку цієї миші.

Знайдені Кюв'є кістки палеотерія і тварин, які жили одночасно з ним, очевидно, потрапили в озеро і були на дні занесені мулом, який поступово скам'янів і зберіг їх до наших днів.

Але чому ж у шарах, які лежать вище, не було їх кісток? Хіба ці тварини не залишили потомства?

Ось питання, яке постало перед Кюв'є, коли в шарах, що вкривали пласти з кістками палеотерія, він знайшов осади з кістками морських тварин.

Він пояснював це раптовим затопленням країни морем, яке згубило всіх товстошкірих ссавців, що жили колись серед тропічної рослинності, на місці сучасного Парижа.

Кюв'є гадав, що такі катастрофи були причиною всіх змін земної поверхні.

Наслідки катастроф Кюв'є бачив у вигнутих, нахилених і зламаних пластах гірських порід, у черепашках, яких знаходили серед пластів на вершинах гір, що свідчило про підняття і опускання наших континентів, про повну, як він гадав, зміну тварин однієї епохи іншими, без усякого переходу.

«Припустимо,— говорив Кюв'є,— що велике вторгнення моря вкриє масою піску чи інших уламків материк Нової Голландії[1], воно поховає там трупи кенгуру, вомбатів, сумчастих куниць, сумчастих борсуків, полетух, єхидн та качконосів і цілком знищить усі види, бо жодного з них немає в інших країнах.

Уявіть собі, що цей самий переворот перетворить на сушу численні маленькі протоки, які відокремлюють Нову Голландію від Азії, і відкриє шлях слонам, носорогам, буйволам, верблюдам, тиграм і всім іншим азіатським тваринам, які й населять країну, де раніше вони не були відомі.

[1] Так називали тоді Австралію.

Припустимо, що натураліст, який добре вивчив усю цю живу природу, здумає зробити розкопки того грунту, на якому він живе,— він знайде в ньому рештки зовсім нових істот.

... Припустимо, що після появи азіатських тварин у Новій Голландії стався новий переворот, який знищив Азію, їх першу батьківщину. У цьому разі було б так само важко дізнатись, звідки вони походять, як і нам довідатися про походження наших форм».

Щодо сучасних тварин Європи і Азії, то, на думку Кюв'є, вони оселились на цьому материку після катастрофи «всесвітнього потопу», про який розповідається в біблії. Цей останній переворот, як він гадав, стався кілька тисяч років тому.

Доводячи правильність своїх поглядів, Кюв'є говорив про знахідки в Сибіру трупів замерзлих великих товстошкірих, які збереглись до наших днів із шкірою, шерстю і м'ясом. На його думку, вони не могли жити в холодній країні і загинули під час раптового похолодання, яке вбило їх і одночасно утворило шари мерзлоти.

Кюв'є не брався визначати причини вторгнення моря на сушу, бо тоді ще не були в достатній мірі вивчені відклади морських осадів. Тому він вважав, що надзвичайно важливо для дальшого розвитку наших знань про Землю вивчити шари третинного періоду із скам'янілостями в них у не вивчених ним частинах Франції, Німеччини і Італії. Кюв'є був переконаний у незмінності видів тварин.

Він не міг уявити собі розвиток їх від м'якотілого мешкайця найдавніших морів до першої риби, від риби до плазуна, який населив сушу, і від плазуна до переможця природи — людини. У той час ще не було знайдено решток перехідних форм від одних видів тварин до інших.

Тому Кюв'є вважав, що сучасні тварини не можуть бути потомками викопних, яких він так майстерно відновлював по кістках. Він говорив, що «всі вони належать світу, що передував нашому, істотам, що загинули від якихось революцій на Землі».

Незважаючи на помилкові висновки Кюв'с про сталість видів і катастрофи, які нібито були причиною зміни фауни, сучасна наука про викопні в своєму розвитку спиралась на спостереження Кюв'є. Його книгу «Дослідження про викопні кістки» і в наш час використовують палеонтологи. Кюв'є вважається засновником палеонтології хребетних.

БОРОТЬБА З КАТАСТРОФІСТАМИ

Геологи першої чверті XIX ст. ще не уявляли собі величезних періодів часу, протягом яких формувалась земна кора. Вивчаючи сліди діяльності сил природи в геологічному минулому, вони часто приписували одному виверженню нашарування вулканічних продуктів, що відклалися за мільйони років. Такі самі помилки вони робили, досліджуючи інші геологічні явища.

Одні з цих геологів — прихильників теорії катастроф — приписували перевороти на поверхні Землі вулканічним виверженням, другі— потопам, треті — руйнівним землетрусам.

Найзавзятішим прихильником теорії катастроф був учень Вернера геолог Леопольд фон Бух (1774—1853). У перший період своєї діяльності він з захопленням шукав підтвердження теорії свого вчителя в інших країнах і для цього зробив подорож в Альпи, на Канарські о-ви і в Італію. В околицях Везувію, серед згаслих вулканів Канарських о-вів він відразу ж натрапив на численні вулканічні гірські породи, що не відповідало теорії Вернера, за якою всі гірські породи нібито виникли внаслідок осадження на дні океану.

За тих часів геологи вважали, що вулканічні явища — результат підземних пожеж покладів кам'яного вугілля, тому Леопольд фон Бух шукав покладів вугілля і в районі Везувію. Адже виверження цього вулкана треба було, за Вернером, пояснити підземною пожежею. Але ніяких покладів він не знайшов. І, нарешті, у Центральній Франції фон Бух побачив згаслі вулкани, що утворились безпосередньо на граніті, де, звичайно, не могло бути ніяких покладів кам'яного вугілля.

Тоді з прихильника ідей Вернера він став запеклим противником їх і з запалом почав

розвивати ідеї вулканістів. У своїх висновках він перевершив найбільш крайніх, найпристрасніших з них.

На думку Леопольда фон Буха, в епоху вулканічних катастроф підіймались численні вулкани, які виливали величезну кількість лави. Розплавлені кам'яні маси, заглиблюючись у шари землі, зминали осадові породи; моря затопляли сушу, прориваючи долини і нагромаджуючи уламки скель та каміння.

Гірська система Альп, як гадав Леопольд фон Бух, виникла внаслідок величезного розколу в земній корі, з якого вилились рідкі маси, що застигли у вигляді порфірів і зім'яли в складки товщі осадових порід.

Сучасну діяльність вулканічних сил Леопольд фон Бух вважав незначною порівняно з епохами горотворення, коли, на його думку, вулканічні сили за короткі проміжки часу мало не миттю піднімали цілі гірські хребти.

Леопольд фон Бух вважав, що гори утворювались так швидко, що із схилів Альп, коли вони піднімались, мчали шалені потоки води, несучи в своїй течії величезні валуни, які лежать в наш час на схилах Юрських гір і в передгір'ях Альп. Насправді ж це каміння винесли туди величезні льодовики, що існували в районі Альп у льодовикову епоху.

Чарлз Лайєль.

Між періодами такої інтенсивної вулканічної діяльності наставали періоди спокою; один з них — наша епоха.

Проте вже в першій половині XIX ст. виникла ідея, що всі зміни на земній поверхні стались не від катастроф, а в результаті дій тих геологічних сил, які не припиняють своєї роботи й тепер.

Ще М. В. Ломоносов вперше висловив цю думку (див. стор. 252), але в ті часи її не прийняли вчені, а в 30-х роках XIX ст. англійський геолог Чарлз Лайєль (1797—1875) поклав її в основу своїх досліджень.

Лайєль старанно й наполегливо вивчав дію прибою морських хвиль і течії рік. Він вважав, що, зрозумівши дію цих сил тепер, можна пояснити геологічні явища в минулому. Але для цього потрібне було тривале, пильне вивчення їх і оцінка масштабу змін від них у земній корі.

Лайєль не створював при цьому скороспілих теорій і не намагався відразу ж пояснити всі геологічні явища своєю гіпотезою.

Як спостерігач він проявляв величезну наполегливість, щоб розібратись у геологічних явищах, незважаючи при тому ні на які перешкоди.

У 1828 р. Лайєль написав свою працю «Основи геології», яка дала новий напрям науці про Землю. Однак, працюючи над цією книгою, він побачив, що багато чого він сам ще добре не уявляє, і зробив нову подорож до Франції та Італії. Лайсль намагався знайти в третинних відкладах перехідні форми тварин, щоб довести, що принаймні протягом цього періоду не було «катастроф». З цією метою він вирушив в Апеннінські гори. Там у третинних відкладах він знайшов шари, де були черепашки не тільки вимерлих, а й сучасних молюсків. У нижніх шарах містились тільки вимерлі форми. У середніх були вимерлі і сучасні. Нарешті, у верхніх він знайшов більше сучасних, ніж вимерлих. Тепер Лайсль вже міг довести своє припущення про поступову зміну форм живих істот протягом третинного періоду.

Досліджуючи відклади в околицях вулкана Етна, Лайєль установив, що товща нашарувань вулканічного попелу, який відклався в історичну епоху існування людини, дуже невелика. Тим часом величезної товщини нашарування того самого попелу залягали на шарах третинного періоду.

Звідси Лайєль зробив висновок, що проміжок часу, який відділяє нас від епохи утворення третинних осадів, які залягають під грубими нашаруваннями попелу, дуже великий.

Цей висновок він зробив, виходячи з свого припущення, що інтенсивність (напруженість) дії вулкана Етна і в далекому минулому була такою ж, як і тепер.

Повернувшись з Італії, Лайєль вже остаточно прийшов до висновку, що «з найдавніших часів до наших днів не діяли ніякі інші причини, крім тих, які тепер діють, і що дія їх завжди

проявлялась з тією самою енергією, яку вони проявляють тепер».

У житті Землі були епохи то більш, то менш напруженого прояву вулканічної діяльності, дуже великого розвитку льодовиків та ін. Проте загалом спостерігається безперервний розвиток земної кори. Особливо яскраво ця постійна зміна виявляється в еволюції органічного світу, в результаті якої виникають усе нові й нові форми життя.

Пильно вивчаючи давно відомі явища — руйнування гірських порід вивітрюванням і розмиванням, перенесення і відкладання кам'яного матеріалу водою і льодом, Лайєль визначив, яку величезну роботу виконують ці сили природи. Він переконливо довів, що відклади давніх періодів утворились під дією тих самих геологічних сил і немає потреби пояснювати зміни Землі катастрофами.

Опублікування книги Лайєля викликало переполох серед учених: молоді геологи й інженери перейшли на його бік. А геологи старого покоління не погоджувалися з ним, не бажаючи визнати, що молодий їх учень, який ще вчора тільки «подавав надії», стає їх учителем у науці про Землю. Але через кілька років і їм довелося здатись.

Наприкінці життя Лайєль, який не втрачав працездатності, захопився зовсім новим для геологів питанням — про виникнення людини на Землі.

Було давно відомо, що разом з кістками мамонтів траплялись якісь химерні, начебто штучно оббиті, куски кременю. Висловлювалась думка, що ці куски каменю є камінні сокири доісторичних людей. Але вчені професори і члени академій сміялися з цих «безглуздих» припущень. Деякі геологи, і серед них Лайєль, звернули увагу на ці знахідки.

Лайєль об'їздив Францію, Німеччину, Італію, шукаючи слідів стародавньої людини, і написав про результати своїх досліджень книгу «Геологічні докази давності людини», яка наробила багато шуму.

ДАВНЄ ЗЛЕДЕНІННЯ

Лайєль не визнавав існування в минулому катастроф, які різко змінювали б земну поверхню. Однак ще за його життя було доведено, що відомі нам сили природи могли діяти в минулі епохи з більшою інтенсивністю і в ширшому масштабі, ніж тепер.

Гірські льодовики займають невелику частину земної поверхні. Тому Лайєль не надавав великого значення діяльності льодовиків. Але в геологічному минулому вони відіграли неабияку роль у зміні поверхні північної частини Європи, Азії і Північної Америки.

Дослідники альпійських льодовиків твердили, що в минулому гірські льодовики спускались далеко нижче і вкривали більші простори, залишивши слід свого колишнього поширення у вигляді кам'яних валів і великих валунів.

Один із швейцарських геологів — Агассіс (1807—1873) — наприкінці першої половини минулого століття зробив подорож до Шотландії. Там він, так само як і в приальпійських країнах, знайшов багато слідів перебування давніх льодовиків — вали морени, валуни і покриви з нешаруватої глини, змішаної з камінням.

Ці наноси багато геологів першої половини XIX ст. вважали відкладеними водами «всесвітнього потопу». Але Агассіс бачив їх схожість з сучасними відкладами льодовиків і остаточно переконався в тому, що в порівняно недавньому минулому льодовики займали значно більше місця, ніж тепер.

Лайєль, який не мав нагоди спостерігати життя льодовиків, не погоджувався з швейцарськими геологами, пояснюючи знахідки валунів тим, що ці камені були занесені айсбергами, які плавали по давніх морях. Йому та його прихильникам здавалось, що припущення про льодовики, які вкривали колись теперішні квітучі країни, є повернення до теорії катастроф.

Проте переконливість фактів, на які вказував Агассіс, була така, що геологи мусили визнати існування в недавньому геологічному минулому льодовикової епохи, коли весь північний схід Європи, північ Азії і Північної Америки були, певно, вкриті суцільним льодом.

Неабияку роль у вивченні льодовикової епохи відіграв у минулому столітті мандрівник

і географ Петро Олексійович Кропоткін (1842—1921).

Ще в 60-х роках минулого століття Кропоткін здійснив кілька подорожей по Сибіру. На високому Патомському плоскогір'ї він бачив багато валунів. Оскільки йому не вдалося знайти там слідів колишнього моря, то молодий Кропоткін самостійно прийшов до думки, що ці валуни були відкладені давніми льодовиками.

Цей висновок Кропоткіна, опублікований ще в 1867 р., не підтримали російські геологи, які обстоювали думку Лайєля про походження таких валунів.

Але Кропоткін продовжував захищати свої погляди. Повернувшись з Сибіру, він написав велику працю «Исследование о ледниковом периоде». Цю працю надрукував його брат у 1876 р., бо самого П. О. Кропоткіна за участь у революційному русі ув'язнили тоді в Петропавловській фортеці.

Дослідження Кропоткіна про давнє зледеніння викликали інтерес у Швеції. Один із шведських геологів — Торрель, вивчивши льодовикові відклади в Німеччині, розвинув ідею Кропоткіна про давнє зледеніння півночі Європи. Дальше вивчення слідів зледеніння цілком підтвердило висновки молодого російського вченого.

ГІПОТЕЗИ ПРО ПОХОДЖЕННЯ ГІР

Працьовиті дослідники Землі нагромадили на останню чверть минулого століття величезну кількість матеріалів. На підставі зібраних ними фактів можна було говорити про виникнення на дні колишніх морів та океанів гірських хребтів, про рівнини, які простягалися на місці зруйнованих і згладжених гір, про підняття та опускання цілих материків і про льодові покриви завтовшки в кілька сотень метрів, які займали величезні простори, вкриті тепер зеленими лісами.

У цих картинах було немало суперечностей. Потрібні були наполегливість і здатність до упертої, багаторічної, систематичної праці, щоб з цих різнобарвних мазків створити стрункy картину «обличчя» Землі та його змін протягом минулих геологічних періодів.

Цю роботу здійснив віденський геолог Едуард Зюсс (1831—1914), опрацювавши й узагальнивши більшість спостережень, які були відомі за його часів.

Геологи в першій половині XIX ст. вважали, що гірські хребти піднімаються тиском знизу розплавленої магми на горизонтальні шари осадових гірських порід. Магма проривалась назовні між розірваними пластами, застигаючи у вигляді гребенів кристалічних порід.

Уявляючи собі так процес утворення гірських хребтів, геологи були впевнені, що обабіч гребеня повинні залягати симетрично розташовані пласти однакових гірських порід.

Вирушивши в Альпи, Зюсс кілька тижнів вивчав їх схили і переконався в хибності загальноприйнятої теорії симетричного розташування гірських порід по обидві сторони від кристалічного гребеня гір. Користуючись спостереженнями, які він зробив в Альпах, Зюсс написав невелику книжечку «Походження Альп» (1875). У ній він доводив, що будова гір несиметрична і вони не могли утворитись внаслідок підняття земної кори вулканічними силами.

Несиметричність складок гірських хребтів свідчила про горизонтальний, бічний тиск, який зминав пласти землі.

Зюсс відзначив також, що молоді Альпійські гори і продовження їх — Карпати — оточують давні Богемські гори і що масив Альп пересунутий також на багато миль на північ.

Усі ці спостереження привели Зюсса до висновку, що подібні гірські хребти виникли внаслідок горизонтального тиску, який зминав земну кору в складки, подібно до сукна, яке збгають на столі руками. Цей учений не надавав майже ніякого значення вулканам у походженні гір.

Потім Зюсс приступив до створення видатної праці «Обличчя Землі», в якій було узагальнено всі геологічні знання кінця XIX ст.

Особливу увагу Зюсса привертали переміщення морів та океанів, які затоплювали величезні простори суші.

Порівнюючи і зіставляючи різні дані про будову сучасних материків, Зюсс доводив, що вони не що інше, як уламки давніших величезних континентів.

Так, більша частина Південної Америки і Південної Африки, Аравія і Індостан є, на думку Зюсса, лише уламки давнього великого континенту — «Гондвани», значні ділянки якої знаходяться тепер на дні Атлантичного та Індійського океанів.

У Північній півкулі більша частина другого величезного давнього континенту — землі «Лавренція» — також опустилась під води Атлантичного океану, і тільки великі осколки його утворили Північну Америку, частину Шотландії і Гебрідські о-ви.

Нарешті, Зюсс виділив величезну «азіатську споруду», яка включала в себе сучасну Азію (крім Аравії та Індостану), Європу і Північну Африку. Ця величезна «споруда» утворилась навколо Ангарського масиву, що займав територію Прибайкалля. Цьому масиву Зюсс дав назву «давнє тім'я Азії». До нього прилягали гірські пасма, які виникли пізніше. Нарешті, найпізніше підняття утворило гірлянди островів біля східних берегів Азії і гірські пасма на півдні, які проникають далеко на захід через Кавказ і Балкани до берегів Атлантичного океану.

Австралію з прилеглими островами Тихого океану Зюсс також виділив в окрему геологічну одиницю. У ній центральне ядро становить материк Австралії, оточений концентричними пасмами гір, які піднімаються з дна океану і вершини яких утворюють острови.

Причиною підняття і опускання континентів Зюсс вважав стиск Землі, при якому земна кора має пристосовуватись і укладатись на дедалі меншій поверхні земної кулі, причому неминуче утворюються складки, розломи і зсуви пластів гірських порід. Гіпотезу стиску, або контракційну («контракція» означає «стиск»), прийняли всі геологи кінця минулого століття.

За цією гіпотезою, у процесі складкоутворення деякі частини земної кори ущільнились і утворили давні платформи. Тепер вони перетворились у величезні рівнини. Рівень платформи не залишався сталим. Платформи повільно коливались, і частини їх, які знижувались, тимчасово покривались водами давніх морів.

Платформи вже не піддавались зім'яттю при бічному тиску, що виникав у земній корі. Але податливі, гнучкіші ділянки земної кори, які лежали між платформами, під бічним тиском останніх зминались у складчасті гори. Гірські країни причленовувались до платформ, які все більше розширювались. Так утворились сучасні континенти.

Контракційну теорію розвинули пізніше інші геологи, з яких згадаємо французького геолога Е. Ога. Цей дослідник вказав, що гори повинні були утворитись на місці вкритих водою прогинів земної кори — геосинкліналей, де скупчувались потужні відклади морських осадів. Глибина геосинкліналей під час відкладання осадів була невелика. Але, нагромаджуючись, осади спричинювали прогин геосинкліналей і поглиблення моря. Величезної товщини пласти осадових порід, що нагромадилися в геосинкліналях, перетворились у складчасті гори.

Це вчення про геосинкліналі пізніше розвивалось і ускладнювалось. Тепер геосинкліналями називають рухомі ділянки земної кори, що зазнають коливань великої амплітуди і відрізняються від коливань платформ своєю нерегулярністю.

Гіпотеза стиску, якою в XIX ст. пояснювали зміну структури земної кори, відіграла важливу роль у геології.

«Якщо ми маємо тепер якісь загальні уявлення про структуру земної кори в цілому, про розчленування її на ділянки, по-різному побудовані, і про історію її розвитку, ми цим завдячуємо виключно... засновникам наукової гіпотези контракції»,— писав радянський геолог В. В. Бєлоусов. Проте тепер, крім цієї гіпотези, висунуто ряд інших припущень, на яких ми не будемо спинятись, бо жодна з цих гіпотез не є досі загальноприйнятою в науці.

З історії вітчизняної геології

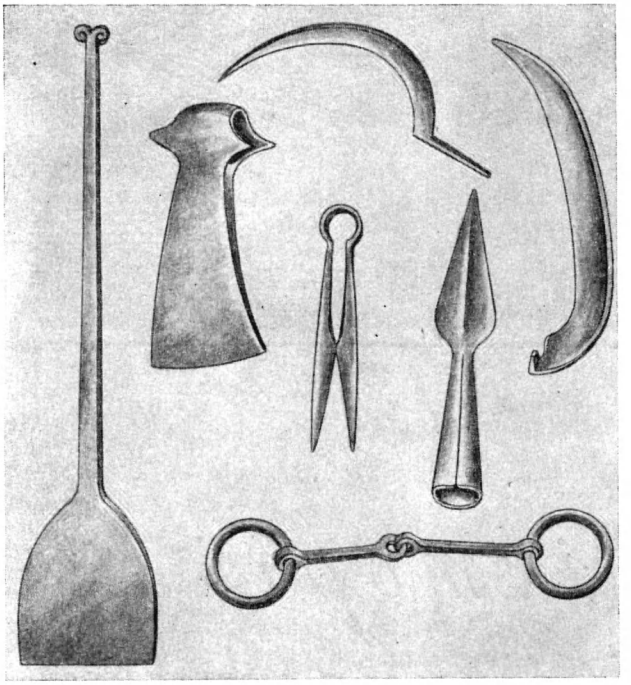
РУДОЗНАТЦІ І ГІРНИЧИЙ ПРОМИСЕЛ НА РУСІ

Людина навчилась користуватись різними корисними копалинами дуже давно. Потреба в камінні, різних рудах, глинах, солі й інших мінералах примушувала людей наполегливо шукати корисні копалини, підмічати, як і де вони залягають у шарах земної кори, придумувати і вдосконалювати способи їх видобування та обробки.

Наші предки слов'яни з найдавніших часів користувались залізним знаряддям. Багато цього знаряддя і зброї знайшли вчені, розкопуючи рештки давніх слов'янських селищ— «городищ». Збереглися навіть печі, де слов'яни «варили» залізо. Видобували залізні руди і «варили» залізо ще в перші століття н. е. У середні віки на Русі виділились вже особливі залізоробні райони, наприклад, Устюжна Железнопольська. Руські ковалі — вони ж і плавильники залізної руди — здобули тоді широку популярність.

Не тільки залізо добували в нашій країні. Для страви і зберігання риби про запас потрібна була сіль. Її випарювали з природних розсолів, черпаючи розсоли з соляних колодязів.

В Олонецькому краї (область на північ від Ладозького і Онезького озер) і в Сибіру видобували світлу слюду, що заміняла у вікнах скло. Багато слюди вивозили з Росії до Захід-



Залізні вироби, знайдені в «городищах» (X—XI ст.). Різноманітні форми виробів свідчать про високу майстерність стародавніх слов'янських майстрів.

ної Європи, де продавали під назвою «московит» або «московське скло» (звідси виникла і назва білої слюди — «мусковіт»).

Гірничий промисел стародавніх слов'ян ще швидше почав розвиватись після утворення в IX ст. Київської держави.

Феодальне натуральне господарство, яке грунтувалось на споживанні продуктів власного

У таких печах-домницях стародавні слов'яни «варили» залізо. Повітря в піч ковалі вдували міхами.

виробництва, мало і свої гірничі промисли.

Розвивались міста, і ремісникам потрібні були руди різних металів (заліза, міді, золота, срібла) для виготовлення зброї, посуду, різноманітних предметів вжитку і прикрас. Руські «ковалі золота» (ювеліри) були відомі своєю майстерністю. Прикрашали тоді красивими каменями не тільки ікони і одяг бояр, а навіть кінську збрую, меблі і стіни в храмах і палацах.

Посуд руські майстри розмальовували жовтою вохрою, зеленим порошком мінералу глауконіту, червоною кіновар'ю, мідною синню та іншими кольоровими мінералами. Мінеральними фарбами, які видобувались на Русі, написано багато старовинних ікон і фресок (розпис стель і стін). Недавно археологи під час розкопок у Новгороді знайшли горщечки з фарбами, якими написано ці фрески.

РУДОЗНАТЦІ

Займаючись рибною ловлею, полюванням і іншими промислами, селяни добре знали, які пласти землі відслонюються на крутих берегах річок, яке каміння буває по берегах і в руслах струмків.

У постолах і благенькій одежині вони сходили гори й долини, шукаючи руд, кольорових каменів, фарбувальних земель, солі, слюди та інших корисних копалин.

Літописи зберегли імена багатьох рудознатців, які вславились своїми знаннями і майстерністю.

Серед них трапляються імена не тільки простих людей, а й «гостей» (багатих купців) і «боярських дітей» (молодших бояр).

Руські рудознатці шукали корисні копалини, користуючись набутими на досвіді різними прикметами. Руди металів вони відшукували по забарвленню гірських порід у червонуватий, жовтий і інші кольори, по синіх і зелених слідах — примазках на камінні. Ці знання передавались від батька до сина, і в Стародавній Русі вже з'явилися професіонали-рудознатці.

Вони успішно відшукували руди металів, слюду, кольорові камені й інші корисні копалини.

РОЗШУКИ РУД У МОСКОВСЬКІЙ ДЕРЖАВІ

Потреба в корисних копалинах у XV—XVII ст. швидко зростала. Розвивались гірничі промисли, вдосконалювалась техніка розвідування й розробки.

Російські поселенці Печорського краю знайшли мідну руду. Вони виплавляли мідь, робили мідний посуд і продавали його в Архангельську іноземним купцям.

В Олонецькому краї російські рудознатці також знаходили мідну руду і виплавляли з неї мідь.

Уральські гірники здавна знаходили в пустотах, що утворилися в гранітних жилах, фіолетові аметисти, жовті і блакитні топази, чорні шерли (турмаліни) й інші самоцвіти.

Московський уряд почав посилати найбільш умілих рудознатців з центру на далекі окраїни країни.

Подорожі здійснювались тоді лише кіньми і в човнах по річках. З однієї річки в іншу човни з вантажем перетягували волоком — по землі. Послані рудознатці місяцями йшли і їхали до місця розшуків.

Наприкінці XV ст. московський великий князь Іван III відрядив партію на Печору по срібло. На чолі її він поставив рудознатців Василя Болтіна і Андрія Петрова. Вони не знайшли срібної руди, але за допомогою місцевих селян відкрили родовище мідної руди на березі р. Цільми. У наступному році туди послали гірничих майстрів для видобування руди та виплавляння міді. Місцевість, де тоді видобували руду й виплавляли мідь, досі відома під назвою «Біля заводів».

У XVI ст. сіль видобували вже за допомогою бурових свердловин. Соляні промисли були в Старій Руссі, Галичі, Чухломі, Балахні, на р. Камі (Солікамськ) і в багатьох інших місцях. Рештки стародавніх солеварень знайдено в Усольї, у Тотьмі та інших селищах.

Залізних руд скрізь було багато, але Російська держава відчувала недостачу міді і особливо срібла. Багато цих металів витрачали на виливання дзвонів, виготовлення церковних речей, зброї і предметів хатнього вжитку. Тому шукання мідних руд і срібла провадилось дедалі настійніше.

У XVI—XVII ст. рудознатці знайшли мідні руди в західному Приуралі, де

Старовинні соляні варниці XVII ст., що збереглися в околицях Солікамська.

вздовж Уральського хребта лежить широка смуга мідних пісковиків.

У першій половині XVII ст. воєвода Василь Стрешнєв знайшов мідну руду в західному Приуралі на р. Камгорці (гора Григоровська). Пізніше це родовище розвідав купець-рудознатець Надея Свєтешников.

Багатий гість Надея Свєтешников торгував з Персією і Шемахою (у Закавказзі). Він возив туди полотна, «м'яку рухлядь» (хутра) й інші російські товари, а привозив шовкові тканини, срібні вироби і дорогу зброю. Значну частину своїх прибутків Свєтешников витрачав на розшуки мідних руд. Його син Семен також

Експедиція на розшуки руд в Сибіру. Коні нав'ючені інструментами і припасами.

розшукував руди і здобув славу рудознатця. Надея Свєтешников старанно розвідав на горі Григоровській багату мідну руду і заклав рудник, а потім поблизу збудував мідний завод.

У 40-х роках XVII ст. воєвода Стрешнєв надіслав до Москви зразки мідної руди з р. Тагілу. Велике родовище мідних руд було відкрито в 50-х роках цього самого століття на р. Камі, де було збудовано мідний завод, відданий в оренду «плавильникам» братам Дмитрові і Михайлові Тумашовим.

Под'ячий Калугін також відшукав на Камі мідну руду і поставив завод поблизу Елабуги. У 1698 р. Михайло Тумашов заявив, що він відкрив мідну руду на березі р. Нейви.

Московські князі не тільки розсилали своїх рудознатців, а й підтримували людей, які шукали руди. Наприклад, Михайлові Тумашову було дано спеціальну грамоту, в якій наказувалось місцевій владі всіляко сприяти рудознатцеві. Йому дозволялось шукати не тільки мідь, а й срібні руди.

Наполегливі шукання міді в Приуралліувінчались успіхом. Міді виявилось так багато, що її почали навіть вивозити за кордон. Але срібла все ще не вистачало, і його доводилось купувати на Сході і в Західній Європі. Тому рудознатців особливо цікавило шукання срібної руди. Московські князі обіцяли за знайдення срібла великі нагороди. Почалась «рудошукальна гарячка». Шукати руди бралися навіть духовні особи.

Шукання руд за допомогою «чудодійного жезла». Рудознатець тримає в руках розвилку, чекаючи, що жезл нахилиться і вкаже місце покладу.

(З старовинного рисунка).

Не обмежуючись Приураллям, московські князі посилали рудознатців на розшуки срібла і за «Кам'яний пояс» (так називали тоді Уральський хребет). Так, у 1672 р. було споряджено експедицію на розшуки срібної руди в Сибіру під керівництвом дворянина Якова Хитрово. У ній брали участь відомий тоді рудознатець сибірський селянин Михайло Селін і німець Хрістіан Дробиш.

Прибувши на місце, ця експедиція, яка шукала срібло в Тобольському воєводстві, натрапила на багато перешкод. Не було припасів, усе доводилось завозити здалеку; виявилось, що німець Дробиш, приставлений випробовувати руди, погано знав свою справу; робітників не вистачало. Експедиція зазнала невдачі.

У Західній Європі рудознатці в XV—XVI ст., шукаючи руди, нерідко вдавались до «чудодійного жезла». Це був прут — гілка дерева або куща з широкою розвилкою на кінці. Прут зрізували в певний день і годину, наприклад, опівночі перед Івановим днем (улітку), додержуючи певних обрядів. Значно рідше застосовували залізні або мідні прути.

Залежно від того, яку корисну копалину шукали, брали гілки різних дерев і кущів. Так, на шукання срібла йшли горіхові гілки; для міді використовували дубові, для олова— ялинові, для відкриття підземних вод застосовували вербу і вільху. Золото шукали за допомогою залізних прутів.

Прийшовши з «жезлом» до того місця, де, як гадали, є поклади руд, шукач, тримаючи «жезл» обома руками за розвилку, починав повільно обходити район шукання; там, де прут ніби сам собою нахилявся або починав дрижати, і мали бути корисні копалини. Для успішних розшуків треба було, щоб сам рудошукач «мав до нього прихильність і безсумнівну віру в дію прута»... Хоч як це дивно, але цей фантастичний спосіб розшуків у Західній Європі протримався кілька століть.

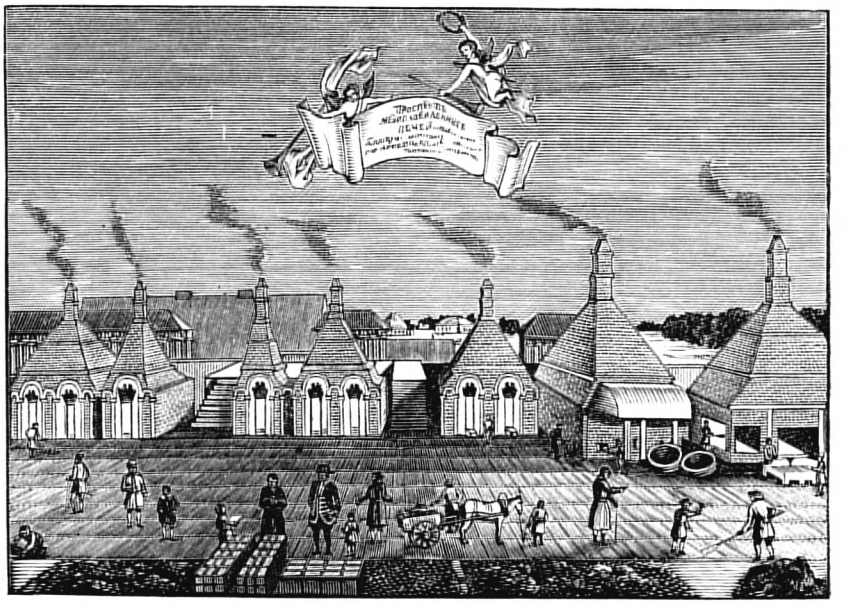
Очевидно, рудознатці того часу знали деякі ознаки наявності руд (наприклад, забарвлення гірських порід окислами металів), але тримали ці прикмети в секреті і, щоб не виказати своїх знань, користувались «чарівним жезлом», який нібито вказував місцезнаходження покладів.

Російські поселенці, шукаючи руди, користувались різними ознаками, не вдаючись до такого обману. Російським рудознатцям у шуканні руд у Приуралліі, на Уралі і в Сибіру багато допомогли рештки старовинних роз-

робок. Ці виробки назвали «чудськими» рудниками.

«Чуддю» стародавні слов'яни називали фінські племена, які жили в північній частині Руської рівнини. Цю назву вони дали й тому населенню, яке жило на Уралі і в Сибіру до приходу туди росіян.

Чудські розробки мідних та інших руд на Уралі і в Сибіру залишились від людей, які жили в цих місцях ще в II тисячолітті до н. е.



«Проспект міделлавильних печей Полевського заводу».
(З старовинного рисунка).

РОЗШУКИ РУД В ЕПОХУ ПЕТРА І

За Петра І почались ширші розшуки руд заліза, міді і срібла. Петро І, зміцнюючи могутність Росії, дбав про забезпечення країни власними металами. Він оголосив, що кожному жителеві дозволяється видобувати золото, срібло, мідь, олово, свинець, залізо, а також селітру, мінеральні фарби, сірку й інші корисні копалини.

У зв'язку із зростанням потреби в металах розшуки заліза й міді провадили дуже ретельно й успішно.

Залізну руду знайшов посланий з Москви Михайло Бібіков на Уралі по ріках Нейві та Алапаїсі. На березі Тагілу він відкрив поклади магнітного залізняку в горі Високій.

Збудований на Нейві з наказу Петра І залізний завод було передано заповзятливому тульському збройовому майстрові Микиті Демидовичу Антуф'єву, якого іменували з того часу Демидовим.

Микита Демидов, його син Акінфій, Строганови й інші великі гірничопромисловці почали розшукувати залізо й мідь по всьому Середньому Уралу. Збудувавши в 1725 — 1727 рр. Нижньотагільський завод для плавлення руд гори Високої, Демидов почав посилено шукати нові поклади магнітного залізняку. Поблизу гори Високої було знайдено велике родовище залізної руди — Леб'яжинське.

У першій половині XVIII ст. було відкрито також поклади гір Благодать і Магнітної. Перше родовище вказав місцевий житель вогул (мансі) Степан Чумпін; друге — робітники, які прокладали поштовий тракт (дорогу) на Орськ.

Тепер на цих родовищах залізної руди, відкритих російськими рудознатцями і місцевими жителями, працюють уральські заводи-велетні.

Приблизно в ті самі роки XVIII ст. було виявлено вихід мідної жили поблизу гори Високої, і Демидови поставили там Вийський міделлавильний завод. Пізніше рудознатець Федір Молодий знайшов давні — так звані чудські — розробки мідної руди по річці Польовій, де збудували Полевський мідний завод. Саме він відкрив Гумешевське родовище — цей справжній «тайник» природи з брилами малахіту, червоної мідної руди і самородної міді.

На Уралі рудознатці знайшли десятки мідних родовищ. Біля них один по одному виростали міделлавильні заводи.

У 20-х роках XVIII ст. алтайські селяни знайшли поблизу Коливанського озера на Алтаї мідну руду. Про свою знахідку вони повідомили Акінфія Демидова, який негайно прислав своїх рудознатців. Прикажчик Демидова Семенов оглянув місця, де було відкрито мідну руду, взяв проби і перевірив їх. Виявилось, що руда високої якості. Після цього Акінфій Демидов збудував на р. Локтьовці перший на Алтаї Коливанський мідний завод.

При Петрі І нарешті вдалося знайти і срібну руду (срібло у вигляді мінералу срібного

Розвідувальний шурф. Над ним встановлено ворот для піднімання породи.

блиску звичайно буває домішане до руд свинцю і міді) в Забайкаллі, куди в 1696 р. уряд відправив на розшуки срібла рудознатця Левандіані. Він кілька років вів розшукувальні роботи між ріками Шилкою та Аргунню і виявив срібну руду на горі Култук. Там і збудували перший у нашій країні сріблоплавильний Нерчинський завод. Пізніше в цьому краї було відкрито багато таких родовищ.

Срібло знайшли і на Алтаї, спочатку в руді Змііногорського рудника, а потім і на інших алтайських рудниках.

Російський уряд ще в 20-х роках XVIII ст. проявив інтерес до викопного вугілля, яке могло бути паливом замість дров.

Коли з Дону прийшла звістка, що місцеві жителі знайшли кам'яне вугілля, туди послали прекрасного рудознатця, сина селянина-кріпака Григорія Капустіна.

Навчившись грамоти, Капустін став под'ячим у приказній ізбі (так називались воєводські канцелярії) села Данилова. Але йому ця робота не подобалась, і тому, коли в околицях села з'явилась партія рудознатців, яка шукала корисні копалини, він добровільно, не одержуючи спочатку за це платні, взяв участь в її роботі.

У той час у Росії було вже кілька казенних партій рудознатців під загальним керівництвом досвідченого в справі розшуків руд гірничого майстра Василя Ладигіна. Капустін і задумав вступити в одну з цих партій. Ладигін чув багато хорошого про Капустіна від своїх рудознатців, які провадили розшуки поблизу села Данилова. Він погодився взяти Капустіна до себе на роботу. Незабаром Капустін став правою рукою Ладигіна.

У 1721 р. Григорія Капустіна було відряджено з партією рудознатців на Дон для розшуків і розвідувань «земляного вугілля».

Він сам відкрив кілька покладів кам'яного вугілля і оглянув виходи вугільних пластів, які знайшли місцеві жителі. Капустін взяв проби вугілля, перевірив їх у кузнях і переконався в добрій якості вугілля.

Пізніше уряд послав ще іноземних рудознатців для розвідувань донецького вугілля. Але іноземці не зацікавились вугільними покладами на Дону, а почали шукати залізну руду. Тільки завдяки Капустіну на Дону було розвідано вугілля буровими свердловинами, як це наказував зробити Петро I.

Одночасно з відкриттям вугілля на Дону знайшли кам'яне вугілля і в Кузнецькому басейні. Селянин-кріпак Михайло Волков відкрив на березі р. Томі «горілу» гору, з тріщин якої йшов дим. Волков був любителем-рудознатцем. Він відразу збагнув, у чому справа: під грунтом горіло земляне вугілля. Разом з товаришами Волков провів розвідування на «горілій» горі, добув проби викопного вугілля і відправив їх у Москву. Так уперше стало відомо в Москві про кам'яне вугілля в Кузнецькому басейні. Місцеві жителі, мабуть, з давніх часів користувались цим вугіллям. Вони самі відшукували його виходи і видобували для своїх кузень.

Шукаючи руди і вугілля, наші рудознатці нагромаджували дедалі більше відомостей про залягання земних пластів та ознаки рудних покладів. До середини XVIII ст. в Росії таких відомостей зібралось стільки, що вже можна було узагальнити матеріали про розшуки корисних копалин. Цю величезну працю розпочав геніальний російський учений Михайло Васильович Ломоносов.

МИХАЙЛО ВАСИЛЬОВИЧ ЛОМОНОСОВ ЯК ГЕОЛОГ

Один з перших російських академіків — Михайло Васильович Ломоносов (1711—1765) був знаменитим і якнайрізносторонніше ученим. У своїх дослідженнях Ломоносов завжди виходив з досвіду, з життєвої практики. Однією з найважливіших справ свого життя він вважав вивчення викопних багатств рідної країни і допомогу розвиткові її гірничого промислу та металургії.

У 1742 р. Ломоносова було зараховано до Академії наук, де він незабаром почав писати велику працю з гірничої справи, але численні інші академічні обов'язки затримали її закінчення. Одночасно він складав каталог (опис) мінералів академічного музею.

На початку 1748 р. Ломоносов добився збудування і обладнання за його рисунками хімічної лабораторії при Академії наук, де почав робити аналізи зразків різних руд і мінералів. Ці зразки він одержував з гірничих заводів і від рудознатців з усіх кінців Росії.

У своїй книзі «Первые основания металлургии, или рудных дел» Ломоносов дав опис руд і мінералів за їх зовнішніми ознаками, розповів про залягання руд, вказав, як по кусочках руди, знайдених у струмку або річці, можна добратись до жили. Він звертав увагу рудошукачів на значення забарвлення гірських порід у червоний, жовтий, синій або зелений кольори. Михайло Васильович правильно пояснював, що мінерали забарвлюються від наявності окислів заліза, міді, свинцю й інших металів. Дуже цінною була вказівка вченого про «супутників» руд. Наприклад, він говорив, що сірчаний і миш'яковий колчедани є супутниками золота, вісмут зустрічається разом з оловом тощо.

Книга Ломоносова була першим практичним посібником для розшуків руд, який побудовано на точних наукових спостереженнях. Її розіслали по рудниках, і вона подала велику допомогу російським гірничим майстрам-рудошукачам, які відкрили багато нових родовищ на Уралі, Алтаї і в Нерчинському краї.

Проте Ломоносов не обмежився тільки практичними відомостями. Він вважав, що розвідникові надр для успіху в роботі треба знати, як і в яких умовах утворились корисні копалини, які він шукає. Тому до книги було додано визначну працю Ломоносова «О слоях земных», яка поклала початок геологічній науці в нашій країні. Учений виклав у ній свої погляди на будову земної кори, на походження гірських порід і захованих там скам'янілостей та корисних копалин, на утворення гір, на причини переміщення суші й моря і т. д.

Погляди Ломоносова значно випередили його час. Так, Михайло Васильович один з перших зрозумів значення внутрішніх сил в утворенні рельєфу Землі. Саме дією внутрішніх сил пояснював він походження гір і самих континентів. Як учив Ломоносов, одні частини земної поверхні піднімаються, а інші опускаються. В результаті цих рухів земної поверхні утворюються нерівності

Перший російський геолог і мінералог М. В. Ломоносов.
(Гравюра В. І. Ростовцева).

рельєфу — западини дна океану і височини континентів, гірські хребти і западини морів (наприклад, Каспійського і Аральського).

Разом з тим височини, як зазначав Ломоносов, руйнуються зовнішніми силами — вітром, дощами, морозом, текучими водами, морськими хвилями. Так у процесі боротьби між внутрішніми і зовнішніми силами формується рельєф Землі. Цю цілком правильну думку Ломоносова зрозуміла і визнала наука тільки в XIX ст. А сучасники Ломоносова не розуміли значення внутрішніх сил у житті нашої планети.

Михайло Васильович вказував на роль різних рухів земної кори. Він виділяв підвищення і опускання, які супроводяться розколами і переміщеннями земних пластів і відбуваються порівняно швидко. З цими рухами, що спричиняють «трясіння землі», Ломоносов зв'язував утворення гір і виникнення вулканів. Тільки тепер остаточно доведено і розвинуто цей геніальний здогад, що його висловив Ломоносов. З другого боку, Михайло Васильович розрізняв «нечутні», тобто повільні, коливання материків. Він ясно уявляв собі, що при таких повільних опусканнях і підняттях земної поверхні море послідовно то наступало на сушу, то відступало. В результаті цього материки вкрились шарами морських осадів, які перетворились пізніше в глинисті сланці, пісковики і вапняки. На доказ справедливості своєї теорії Ломоносов вказував на знахідки в земних шарах скам'янілих решток морських тварин. Ця ідея про зв'язок наступів (трансгресій) і відступів (регресій) моря з повільними підняттями та опусканнями земної кори стала загальновизнаною тільки на початку XX ст.

ПЕРВЫЯ ОСНОВАНІЯ
МЕТАЛЛУРГІИ,
или
РУДНЫХЪ ДѢЛЪ.
ВЪ САНКТПЕТЕРБУРГѢ
печатаны при Императорской Академіи Наукъ 1763 года.

Титульний аркуш книги М. В. Ломоносова.

За часів Ломоносова багато вчених ще не розуміло значення скам'янілостей — решток тваринних і рослинних організмів, які трапляються в землі. Деякі вчені вважали їх «грою природи» або гадали, що скам'янілі черепашки тварин були занесені на сушу під час «всесвітнього потопу», про який розповідає біблія.

Михайло Васильович твердив, що рештки вимерлих тварин зустрічаються там, де жили ці тварини. Якщо скам'янілі морські черепашки є на суші, то, значить, ця суша була колись дном моря.

Не погоджувався Михайло Васильович з релігійними поглядами і на тривалість життя Землі. Він вказував на величезні періоди часу, протягом яких відбувались неодноразові зміни на земній поверхні.

Ломоносов перший зрозумів, що тварини і рослини далеких геологічних епох не тільки збереглись у вигляді окремих скам'янілих решток, а й брали участь в утворенні деяких шарів землі, наприклад пластів кам'яного вугілля. Він правильно пояснював утворення чорнозему, зв'язуючи його з нагромадженням у грунті перегною — решток відмерлих рослинних і тваринних організмів, які продовжують розкладатись. Ця думка Ломоносова в XIX ст. була розвинута і підтверджена в дослідженнях чорнозему В. В. Докучаєвим, який заснував нову науку — грунтознавство (див. том 1 «ДЕ»).

Головною метою Ломоносова при опублікуванні статті «О слоях земных» в книзі «Первые основы металлургии, или рудных дел» було показати, як утворюються поклади корисних копалин. З цієї праці видно, як правильно розумів Ломоносов утворення багатьох мінералів і гірських порід.

Раніше вчені вважали кам'яне вугілля гірською породою, просоченою якимсь «вугільним соком». Такої думки додержувались деякі геологи навіть на початку XIX ст. Тим часом ще в XVIII ст. Ломоносов доводив, що викопне вугілля, як і торф, утворилось з рослинних залишків, які вкрились пізніше пластами гірських порід. Перетворення рослинних залишків у викопне вугілля Ломоносов правильно пояснював дією підземного жару без доступу повітря. При цьому, як гадав Ломоносов, відбувається також виділення рідких продуктів — нафти. Вже тоді Ломоносов вказував, що викопне вугілля як паливо дасть змогу зберегти ліси. Треба відзначити, що Ломоносов перший вказав на утворення нафти з решток організмів. Ця думка дістала підтвердження і визнання тільки в XX ст. (див. стор. 144). Пояснюючи походження янтарю

з смоли викопних рослин, Михайло Васильович звернув увагу на дуже цікаве явище: іноді в грудках янтарю трапляються комахи. З цього приводу висловлювались найфантастичніші припущення. У жвавій, поетичній формі Ломоносов розповів, як це могло статись:

В тополевой тени гуляя, муравей
В прилипчивой смоле завяз ногой своей.
Хотя он у людей был в жизнь свою презренный,
По смерти, в янтаре, у них стал драгоценный...

Випустивши в світ книгу «Первые основания металлургии», Михайло Васильович взявся писати «Российскую минералогию», тобто опис мінералів і руд Росії.

Щоб зібрати потрібний йому для цього матеріал, Ломоносов запропонував видати указ, щоб залучити населення, у тому числі й дітей, до збирання різних мінералів і гірських порід.

«Малі, а особливо селянські, діти,— писав Михайло Васильович,— весняної і літньої пори, граючись по берегах річок, збирають різні камінці і, кольором їх захоплюючись, у купки складають, але, зовсім не бувши зацікавлені, а ще менше знаючи користь, залишають або в річки кидають ради забави».

У мінералах, зібраних дітьми, могли виявитись важливі для вітчизняної промисловості зразки руд.

Добре знаючи простих російських людей, Ломоносов був переконаний, що населення відгукнеться на його заклик:

«Рудошукачів в кожному селі досить: усі не вимагають ніякої винагороди, ні найменшого примусу, але природним порядком і охотою все виконують і тільки від нас деякої уваги вимагають».

Усі зібрані геологічні матеріали жителі повинні були здавати в губернські канцелярії, звідки їх відправляли до Петербурга.

Через канцелярію Академії наук Ломоносов звертався також і до гірничих промисловців, прохаючи надсилати йому зразки руд. Дехто з гірничих промисловців зразу ж почав збирати колекції мінералів та руд на своїх ділянках і відправляти їх до Петербурга.

Передчасна смерть перешкодила Ломоносову закінчити величезну роботу над збиранням і обробкою мінералів нашої країни. Задум Ломоносова здійснили пізніше послідовники великого вченого — академіки В. М. Севергін і М. І. Кокшаров.

У своїх працях Ломоносов розвивав геологічні ідеї, які на сотні років випередили його час, і тому його можна справедливо вважати одним з перших основоположників геологічної науки.

ВИДАТНІ РОСІЙСЬКІ ГЕОЛОГИ

Після смерті Ломоносова Академія наук надіслала в 1768 р. в різні райони нашої країни п'ять наукових експедицій за планом, який розробив геніальний російський учений. Ці експедиції мали зібрати матеріали для складання географічних карт, а також провести різнобічні наукові спостереження природи. Керівниками і учасниками експедицій були молоді вчені.

Експедиції працювали на Уралі, на Кавказі, у Поволжі, в Оренбурзькому краї і в Сибіру.

Особливо цікаві і цінні матеріали зібрали експедиції, які працювали під керівництвом І. І. Лепьохіна та П. С. Палласа.

Учасники експедиції І. І. Лепьохіна (1740—1802), що тривала чотири роки, дослідили велику територію: значну частину Поволжя, частину Західного Сибіру, Північно-Західного Казахстану та Уралу; побували вони також у Холмогорах і Архангельську. У докладному звіті про подорож Лепьохін описав карстові явища, які йому доводилось спостерігати: утворення пустот і печер у легкорозчинних гірських породах (вапняках та ін.). Він описав родовища зустрінутих корисних копалин. Бувши послідовником Ломоносова, Лепьохін доводив, що знайдені ним у гірських породах черепашки морських тварин свідчать, що колись у місцях, які він дослідив, було море, а не суша.

Експедиція П. С. Палласа (1741—1811) дослідила Поволжя, Південний Урал, частину Західного і Східного Сибіру. Узагальнивши всі геологічні дані, які він добув під час подорожі, Паллас висунув свою теорію утворення

гір та розвитку Землі. На думку Палласа, ядро гірських пасом складається з граніту. Воно завжди здіймалось над рівнем первісного океану. Під дією вулканічних сил піднялись над поверхнею океану гори, а вода з південних морів ринула на північ, переносячи морських тварин і величезні валуни. Теорія Палласа про утворення гір була для свого часу дуже сміливою і, безперечно, сприяла розвитку геологічних знань.

Проте в цій теорії говорилось і про катастрофічні поводі, що дуже нагадувало біблійну легенду про «всесвітній потоп». Це було кроком назад порівняно з уявленнями Ломоносова про характер розвитку Землі.

Коли Паллас був у Сибіру, гірничий майстер Медведєв показав йому величезну брилу самородного заліза, знайдену на березі Єнісею. Паллас наказав привезти залізо в Петербург і здати до Мінералогічного кабінету Академії наук. Учені встановили, що ця брила заліза — метеорит. З того часу метеоритне залізо називають палласовим залізом, або палласитом. Метеорит, привезений Палласом, тепер знаходиться в Мінералогічному музеї Академії наук у Москві.

Іван Іванович Лепьохін.

Петро Симон Паллас.

Три інші експедиції працювали на півдні Росії. Експедиція С. Г. Гмеліна проїхала через Астрахань до Дербента й Баку. У щоденниках С. Г. Гмеліна є відомості про ліпецькі залізні руди, про бакинську нафту та ін. Друга південна експедиція під керівництвом І. О. Гільденштедта працювала на Кавказі. Гільденштедт склав карту Кавказу; на ній він показав, що Кавказькі гори мають широтне простягання, центральна частина хребта складається з граніту, а по північному та південному схилах ідуть сланці та вапняки[1]. Третя експедиція, якою керував І. П. Фальк, працювала в Поволжі, на Південному Уралі і в Киргизьких степах. Учасники цієї експедиції описували мінеральні джерела, мінерали та гірські породи.

До 1774 р. усі п'ять експедицій Академії наук закінчили роботу і повернулись до Петербурга. Потім почалась обробка та узагальнення зібраного великого геологічного матеріалу.

Наприкінці XVIII і на початку XIX ст. у Росії посилився розвиток промисловості: будувались фабрики і заводи, спочатку невеликі, де переважала ручна праця, потім більші, де вже працювали машини. Країна потребувала своєї вітчизняної сировини, особливо руд металів. Потрібні стали кадри геологів для розвідування надр.

У 1755 р. було організовано перший у Росії Московський університет, а на початку XIX ст.— Казанський, Петербурзький, Харківський, Томський та ін. Там викладались і геологічні науки.

У 1773 р. в Петербурзі було організовано спеціальний навчальний заклад — Гірниче училище, пізніше перейменоване в Гірничий корпус і нарешті в Гірничий інститут. Цей інститут, який міститься в Ленінграді, і тепер продовжує готувати кадри гірничих інженерів.

У зв'язку з посиленням розшуків корисних копалин наприкінці XVIII і на початку XIX ст. особливо швидко почала розвиватись мінералогія. Великий вклад у розвиток цієї науки зробив акад. В. М. Севергін (1765—1826).

Продовжувач справи Ломоносова, В. М. Севергін наполягав на вивченні мінералів на всій території нашої країни. Він узагальнив матеріали про мінеральні багатства Росії, і його по праву можна вважати засновником російської описової мінералогії. В. М. Севергін вивчав і описував не тільки зовнішні

[1] Гільденштедт не зовсім точно, але загалом правильно уявляв будову Кавказького хребта.

ознаки мінералів, як це було прийнято тоді, а й їх фізичні властивості та хімічний склад. Севергін старався виявити закономірності в поширенні мінералів на Землі. Він звернув увагу на те, що деякі мінерали часто трапляються разом. Це явище Севергін назвав словом «суміжність». Севергін цілком правильно встановив, що базальт, виходи якого він спостерігав поблизу Геттінгена, є виверженою породою, хоч німецький вчений А. Г. Вернер твердив, що базальт нібито утворився з води. Здогад Севергіна мав велике теоретичне значення для спору нептуністів з плутоністами (див. стор. 236). В. М. Севергін, бувши прекрасним хіміком-аналітиком, розвинув у мінералогії новий, хімічний напрям. Він твердив, що класифікувати мінерали треба за їх хімічним складом.

Василь Михайлович Севергін.

Микола Іванович Кокшаров.

Севергін правильно вважав, що мінералогічна наука повинна давати користь людині. У своїй праці «Опыт минералогического землеописания Российского государства» Севергін розповів, які мінерали трапляються в різних районах нашої країни для того, щоб не привозити з «далеких місць» ті мінерали, які є в нашій країні.

Палкий патріот, Севергін, як і Ломоносов, старався розвивати російську наукову мову і заміняв іноземні терміни всім зрозумілими російськими назвами. У мінералогію він ввів такі терміни, як «спайність», «раковистий» і «скабистий» злом, «блиск мінералу», «колір риски», у хімію — такі слова, як «окислення», «кремнезем», «сірчанокислі» і «вуглекислі» солі тощо.

По книжках Василя Михайловича Севергіна вчились російські гірники, мінералоги, хіміки, металурги.

Геологи продовжували займатись і польовими дослідженнями, з конкретними, певними завданнями. Так, у 1829 р. геолог Є. П. Ковалевський вперше описав геологічну будову Донецького басейну, геологи О. І. Антипов і М. Г. Меглицький дослідили будову Уральських гір. Такі дослідження допомагали геологам робити дедалі правильніші висновки про будову Землі і сили, що змінюють її поверхню.

З'явились перші підручники з геології та мінералогії, їх написав професор Гірничого інституту Д. І. Соколов (1788—1852).

На цей час геологи навчились визначати геологічний вік різних шарів Землі не тільки за характером гірських порід, а й за тими скам'янілостями, які було знайдено в даному шарі.

Такі скам'янілості геологи називають провідними викопними, а метод визначення віку шарів по них— палеонтологічним. На початку XIX ст. російські геологи почали широко застосовувати палеонтологічний метод. У зв'язку з цим посилено стали розвиватися стратиграфічні дослідження, тобто визначення геологічного віку та розташування шарів землі. Ці дослідження мали велике значення, бо полегшували розшуки корисних копалин. Геологи складали стратиграфічний опис окремих районів нашої країни. Ці роботи, виконані вченими ще в першій половині XIX ст. (Х. А. Пандером, П. М. Язиковим, К. Ф. Рульє та ін.), не втратили свого значення й досі.

Продовжуючи розвиватись, геологічні науки викликали інтерес серед широких кіл суспільства. Прекрасним популяризатором геологічних знань був професор Московського університету Г. Ю. Щуровський (1803—1884). Він не тільки читав публічні лекції з геології, а й проводив для всіх бажаючих екскурсії по околицях Москви.

У другій чверті минулого століття геологічні дослідження, проведені в різних місцях, дали можливість складати геологічні карти.

Геологічні праці російських геологів, особливо стратиграфічні дослідження, дуже зацікавили західноєвропейських учених. Щоб перевірити, як поширюються на території Росії ті геологічні формації, які були вивчені в Західній Європі, до Росії в 1840 р. вирушив англійський геолог Р. Мурчісон. У своїй подорожі по Росії в 1840 і 1841 рр. Мурчісон користувався всебічною підтримкою як російського уряду, так і російських геологів, які дали йому можливість скористуватись усіма матеріалами своїх досліджень. На підставі цих матеріалів Мурчісон описав геологічну будову і склав геологічну карту Європейської частини Росії.

Євграф Степанович Федоров.

Франц Юлійович Левінсон-Лессінг.

Геологи проводили дослідження не тільки в Європейській частині Росії. Експедиції працювали на берегах Байкалу, на п-ві Камчатці, на п-ві Таймир. Довгий час мало дослідженим лишався чудовий і багатий край нашої батьківщини — Кавказ з його неприступними горами, сніговими перевалами, бурхливими ріками і підземними багатствами. На початку XIX ст. почалось систематичне вивчення Кавказьких гір.

У 60-х роках минулого століття, після скасування кріпосного права, у Росії швидко почав розвиватись промисловий капіталізм: будували фабрики, заводи, прокладали залізниці. Разом з промисловістю, у зв'язку з її потребами в корисних копалинах, розвивалась і геологічна наука.

У рудниках і шахтах, де видобували сировину для промисловості, геологи знаходили нові невідомі раніше мінерали. Дуже багато мінералів дослідив акад. М. І. Кокшаров (1818—1892). Щоб їх описати, довелось написати цілих одинадцять томів. Багато мінералів Кокшаров виявив у Росії вперше (евклаз, брукіт, воластоніт та ін.). Кристалографічні вимірювання Кокшаров виконав з такою високою точністю, що аж до наших днів в усіх мінералогічних довідниках світу дані Кокшарова виділяються окремо як відомості, що не викликають жодного сумніву. Багато мінералів, характерних для певних родовищ, описав також професор Гірничого інституту П. В. Єремєєв (1830—1899). Він особливо цікавився формою кристалів мінералів.

З досліджень кристалів виникла і розвинулась нова галузь геологічної науки — к р и с т а л о г р а ф і я.

Надзвичайно цінні праці з кристалографії російського вченого Є. С. Федорова (1853—1919).

Кристали в природі поширені скрізь. Зовнішня форма кристала допомагає визначити мінерал. Займаючись кристалографічними дослідженнями, Є. С. Федоров відкрив г е о м е т р и ч н і з а к о н и, за якими можуть розміщуватись атоми всередині кристалів. Створена ним теорія будови кристалів через 20 років після виходу його геніальної праці була підтверджена рентгеноаналізом. Учений сконструював прилад для точного дослідження кристалів під мікроскопом. Цим приладом, який названо за ім'ям ученого «федоровським столиком», користуються тепер учені в усьому світі.

Поряд з мінералами вчені дослідили і гірські породи. Наука про гірські породи називається п е т р о г р а ф і є ю. Наприкінці XIX ст. петрографією в Росії займався професор Петербурзького університету О.О. Іностранцев (1843—1919). Він один з перших у світі почав вивчати гірські породи під мікроскопом.

Для розвитку петрографії багато зробив російський учений Ф. Ю. Левінсон-Лессінг (1861—1939). Зокрема, він запропонував класифікувати виверженні породи за їх хімічним складом.

Акад. О. П. Павлов (див. стор. 259) уперше вивчив складне залягання шарів у Жигулях

і висловив припущення, що тут може бути нафта. І справді, у радянський час родовища нафти в Поволжі почали широко розробляти.

Праці О. П. Павлова були відомі всьому світу. Він брав участь майже в усіх міжнародних геологічних конгресах.

Іван Васильович Мушкетов.

Наприкінці XVIII і навіть на початку XIX ст. ще були вчені — так звані енциклопедисти,— які займались одночасно зоологією, ботанікою, геологією і іншими природничими науками. Це було можливо тому, що обсяг знань у кожній з цих наук був невеликий і програми університетів включали в себе повний курс кожної з цих наук. Наприкінці XIX ст. геологічна наука так зросла, що поділилась на ряд галузей. Спеціалістом в усіх галузях геології тепер міг бути тільки вчений, який має надзвичайні здібності. Таким ученим був О. П. Карпінський (див. стор. 262). Закінчивши Гірничий інститут у Петербурзі, він спочатку проводив розвідувальні роботи на Уралі, потім перейшов до Гірничого інституту, де працював викладачем. Учений займався кількома галузями геологічної науки. Так, вивчивши ряд нових гірських порід, Карпінський написав кілька значних теоретичних праць з петрографії.

Одночасно О. П. Карпінський займався і стратиграфією — визначенням геологічного віку і розташуванням шарів землі. Серед пластів осадових порід часто трапляються скам'янілості: черепашки давніх молюсків, кістки вимерлих ссавців та ін. Досліджуючи ці знахідки, Карпінський почав займатись палеонтологією.

Він любив визначати важкі для пояснення, загадкові форми. Так, Карпінський установив, що відбитки у вигляді зубчастої спіралі на гірських породах, які ніхто не міг визначити, є органами давньої риби гелікоприона — її зубним апаратом.

Карпінський розробив і ще одну цілком нову галузь геологічної науки — так звану палеогеографію (стародавню географію). По відкладах осадових гірських порід учений зумів відновити обриси давніх морів та суші і їх зміни протягом геологічної історії Європейської частини Росії, тобто відновити стародавню географію цих місць.

О. П. Карпінський склав цілу серію палеогеографічних карт. Знання палеогеографії дуже важливе при розшуках корисних копалин: з різними районами суші і моря зв'язані родовища різних мінералів і гірських порід.

Праці Карпінського мали великий вплив на розвиток геологічної науки в усьому світі.

На Міжнародному геологічному конгресі в 1881 р. Карпінський разом з групою російських учених запропонував зручний спосіб позначення гірських порід різного віку на геологічній карті. Цю пропозицію було прийнято, Карпінському присуджено міжнародну премію, і тепер на геологічних картах усіх країн гірські породи позначаються за способом, що його запропонував О. П. Карпінський.

Але вчені займались не тільки теоретичними питаннями геології. Вони старанно досліджували геологічну будову окремих районів, у тому числі віддалених районів Сибіру та важкодоступних гірських місцевостей.

Геологічне вивчення Середньої Азії зв'язане з ім'ям талановитого вченого і невтомного мандрівника І. В. Мушкетова (1850—1902). Відважний геолог працював у горах Тянь-Шаню, на Алтаї, на Памірі. Він піднімався у високогірні райони, проходив по важкодоступних снігових перевалах. Мушкетов дослідив і описав геологічну будову цих гірських систем, вивчав льодовики, родовища корисних копалин. Він склав довідник з геології, що не втратив значення й тепер.

У далекому Сибіру в 70-х і 80-х роках минулого століття працював геолог-самоук І. Д. Черський (1845—1892). Він вперше детально дослідив береги оз. Байкалу, Забайкалля і дав правильний опис складної геологічної будови цього району. Коли Черський, викликаний з Іркутська в Петербург, поїхав на поштових конях по похмурому Сибірському тракту, то й у дорозі він продовжував геологічні дослідження. Праці Черського довгий час були незамінним посібником при вивченні геології Сибіру.

У 1891 р. Академія наук організувала експедицію на р. Колиму. Очолив її Черський. У складі експедиції були його дружина і два-

надцятирічний син. Здоров'я Черського в цей час дуже погіршало, і подорож стала для нього останньою. Він помер у дорозі, на березі р. Колими. Радянські геологи, високо шануючи пам'ять невтомного дослідника Сибіру, назвали один з найвищих гірських хребтів Колими хребтом Черського.

Іван Дементійович Черський.

Щоб краще організувати спільну роботу геологів у Росії, у 1882 р. було створено спеціальну установу — Геологічний комітет, в якому об'єдналися майже всі геологи країни. Першим його завданням було складення геологічної карти Європейської Росії в масштабі 10 верст в 1 дюймі [1].

На час Великої Жовтневої соціалістичної революції в Геологічному комітеті було лише близько 30 геологів. Тепер у нашій країні працює близько 100 тис. геологів — дослідників надр.

З кінця 70-х років минулого століття почали збиратись міжнародні геологічні конгреси [2]. В них брали участь і російські геологи. VII Міжнародний геологічний конгрес зібрався в 1897 р. в Петербурзі. Члени конгресу робили наукові екскурсії в різні райони Росії.

Конгрес, скликаний у Росії, був справжнім торжеством російської геологічної науки. При розв'язуванні багатьох питань геологічної науки особливого значення почали надавати працям російських геологів.

У XX ст. в зв'язку із зростанням промисловості в Росії виникала дедалі більша потреба у вугіллі, залізі, кольорових і інших металах. Необхідно було шукати нові родовища. На цей час наука збагатилась величезними відкриттями: Д. І. Менделєєв створив Періодичну систему хімічних елементів, французькі фізики подружжя Кюрі відкрили явище радіоактивності елементів, німецький фізик Рентген виявив промені, які названо тепер його ім'ям. Ці відкриття мали велике значення для геологічної науки. Виникла нова наука — г е о х і м і я. Одним із засновників її був славнозвісний російський учений В. І. Вернадський (див. стор. 269).

Учений довів, що мінерали тільки на перший погляд здаються «мертвими», безживними тілами. Насправді вони є продуктами різних хімічних процесів і, перебуваючи в надрах Землі, зазнають безперервних змін. Завдання мінералогів полягає у вивченні властивостей мінералів, умов їх утворення і дальших змін у природі.

«Я поклав в основу широке вивчення мінералогічних процесів земної кори, звертаючи основну увагу на процес, а не тільки на дослідження продукту процесу (мінералу), на динамічне [1] вивчення процесів, а не тільки на статичне [2] вивчення їх продуктів», — писав вчений.

Завдання геохімії — вивчення закономірностей утворення і поширення елементів у нашій планеті.

Коли ми знаємо, при якій температурі і якому тиску утворюються певні мінерали, то, знаючи умови, в яких утворились гірські породи, що залягають у певному районі, можна передбачити, які руди в цьому районі можуть бути.

Отже, геохімія має величезне практичне значення, бо дає наукову підставу для шукання корисних копалин. Особливого розквіту геохімія досягла завдяки працям талановитого учня Вернадського О. Є. Ферсмана (див. стор. 273).

Дослідженням Сибіру все життя присвятив радянський геолог акад. В. О. Обручов (1863—1956) (див. стор. 276). У Сибіру Обручов почав працювати ще в 1888 р. як перший і єдиний штатний геолог. Учений працював у Прибайкаллі, займаючись геологічними дослідженнями під час будівництва Сибірської залізниці, а потім зробив тривалу подорож по Китаю і Центральній Азії.

В. О. Обручов установив складну геологічну будову Забайкалля. Він довів, що Сибір, так само як і Європа, у минулі геологічні часи вкривався льодом. В. О. Обручов досліджував

[1] *Дюйм* — міра довжини, дорівнює 2,5 *см*.

[2] І Міжнародний геологічний конгрес збирався в 1878 р. у Парижі.

[1] *Динамічний* — той, що перебуває в русі.

[2] *Статичний* — нерухомий.

вічну мерзлоту і створив нову науку — мерзлотознавство. Він описав багато родовищ корисних копалин Сибіру та Алтаю. Праці Обручова створили цілу епоху в пізнанні геологічної будови Сибіру. Найцінніші праці В. О. Обручов здійснив уже в роки Радянської влади.

Борис Борисович Голіцин.

Досліджуючи мінерали і гірські породи, вчені прагнули розкрити таємницю внутрішньої будови земної кулі. У житті Землі бувають моменти, коли раптом проявляються її внутрішні сили і трохи відкривається завіса, якою приховуються глибокі надра. Це — землетруси. Відомості про них є в стародавніх літописах; їх вивчало багато вчених, зокрема наприкінці XIX ст. О. П. Орлов, видатний геолог І. В. Мушкетов, Л. О. Ячевський та ін. О. П. Орлов склав «Каталог землетрясений Российской империи». Цей каталог доповнив і видав після смерті Орлова І. В. Мушкетов. А особливо детально почав вивчати землетруси в Росії Б. Б. Голіцин (1862—1916). Він організував на Пулковській обсерваторії сейсмічну станцію[1], яка стала згодом однією з найбільших станцій світу.

Голіцин винайшов нову конструкцію приладу, який реєструє землетруси, — сейсмографа. Тепер майже всі сейсмічні станції світу мають найточніші сейсмографи системи Голіцина. Завдяки працям Б. Б. Голіцина, Г. В. Левицького та інших учених у Росії розвинулась наука про землетруси — сейсмологія.

[1] *Сейсмічні станції* — це лабораторії, де за допомогою точних приладів реєструються близькі й далекі землетруси (див. стор. 38).

У царській Росії, якою правили поміщики і капіталісти, геологам було важко працювати. На експедиції відпускалось мало коштів. Відкриття корисних копалин збагачували промисловців і землевласників. Над усе їх цікавив прибуток. Іноді вони не допускали геологів до досліджень на своїх землях, на території шахт і рудників. Надра землі по-хижацькому експлуатувались, не велось широкого розвідування та дослідження корисних копалин країни, бо капіталісти не хотіли рискувати коштами.

Можна навести багато прикладів, коли капіталісти, щоб запобігти конкурентів, затримували розробку тих чи інших родовищ корисних копалин. Наприклад, великий нафтопромисловець Нобель робив усе можливе, щоб перешкодити розвідуванню нафти в Поволжі і розвитку видобування її в Ухтинському районі.

Новий метод розшуків нафтових пластів, запропонований І. М. Губкіним (див. стор. 265) в результаті його досліджень на Кавказі, не використовувався. Тільки в Радянській країні всі наукові праці акад. І. М. Губкіна знайшли практичне застосування. Радянська геологія широко розгорнула освоєння і вивчення нафтоносних районів.

У Радянському Союзі, де земля та її надра належать державі, а робота геолога дає користь усьому народові, геологічні науки досягли надзвичайного розвитку. Щороку працюють численні експедиції в різних кінцях нашої країни. Для досліджень геологам дається все необхідне, і вони не залишаються в боргу перед Батьківщиною, відкриваючи їй все нові й нові скарби.

ОЛЕКСІЙ ПЕТРОВИЧ ПАВЛОВ І МАРІЯ ВАСИЛІВНА ПАВЛОВА

Олексій Петрович Павлов був одним з найвидатніших російських геологів, академіком, професором Московського університету, ученим, ім'я якого широко відоме в нашій країні і за її межами. Своїми цікавими лекціями він залучив до вивчення геології багатьох слухачів, а з його захоплюючих науково-популярних книг молодь знайомилась з геологією. Багато учнів Олексія Петровича стало відомими вченими, які продовжили роботу свого вчителя.

Олексій Петрович народився в 1854 р. в Москві в сім'ї підпоручика П. О. Павлова. Він рано втратив батька і жив з матір'ю, яку дуже любив.

Жили вони скромно, але мати все ж змогла дати синові середню освіту. Павлов закінчив гімназію в 1874 р.

Вже з дитячих років виявились його музикальні й художні здібності: він прекрасно співав і добре малював. Збереглись учнівські зошити Олексія Петровича, на обкладинках яких майстерно накидано олівцем картини середньоросійської природи. Природу Павлов любив. Він сприймав її красу як художник і разом з тим прагнув вивчити і пізнати її розвиток, її закони. Співів він учився разом із своїм товаришем, згодом видатним співаком Хохловим. Учитель співів радив Павлову йти на сцену, говорячи, що там чекає його блискуче майбутнє. Але Олексія Петровича вабило й глибоко цікавило природознавство. Після закінчення гімназії він вагався у виборі спеціальності, але інтерес до науки переміг, і він вступив на природничий відділ фізико-математичного факультету Московського університету.

У ті ж роки серед професорів Московського університету було багато відомих учених. Павлова особливо зацікавили лекції з геології проф. Григорія Юхимовича Щуровського. Пізніше в статтях, присвячених пам'яті Щуровського, Олексій Петрович дуже тепло згадував про свого вчителя, який, незважаючи на похилий вік, не втратив ентузіазму до викладання улюбленої науки і цікаво розповідав у своїх лекціях про найновіші досягнення геології. Павлов вирішив стати геологом і написав дипломну роботу, або, як тоді говорили, «кандидатское рассуждение», на тему, яку запропонував Щуровський, — про нові дослідження в галузі вивчення викопних молюсків-амонітів. За цей твір йому було присуджено золоту медаль.

Після закінчення університету в 1878 р. Павлова було запрошено в м. Твер (нині м. Калінін) викладати природознавство і хімію в реальному училищі, а в жіночій учительській семінарії — природознавство і географію. Після перших уроків Павлов став у цих навчальних закладах любимим учителем, про якого його учні і учениці дуже тепло згадували до кінця свого життя. Вони розповідали, які жваві й цікаві були його уроки, які прекрасні, художні таблиці він сам виготовляв, які вдалі досліди показував, який добрий природничонауковий кабінет організував у реальному училищі й яку участь брав в усьому учнівському житті. У ці ж роки Павлов написав першу науково-популярну книгу «Общепонятные беседы о химических явлениях».

Віддаючи багато часу педагогічній діяльності, Олексій Петрович не забував про геологію. Він вирішив самостійно ознайомитись з геологічними відкладами Європейської Росії і влітку під час канікул зробив з цією метою кілька екскурсій по Прибалтиці, де на поверхню виходять давні силурійські і девонські осади.

Восени 1880 р. у Московському університеті звільнилась посада хранителя Мінералогічного музею, і Щуровський запросив Павлова. Залишивши Твер, він повернувся до Москви. З цього часу його життя було зв'язане з Московським університетом. Він багато зробив для поповнення музею, створеного Щуровським, вів практичні заняття із студентами.

Пізніше, коли Щуровський залишив університет, Павлов став читати лекції, які мали надзвичайний успіх.

У 1885 р. він захистив докторську дисертацію, після чого здобув звання професора, а в 1886 р. його призначили завідуючим кафедрою геології. На цьому посту він залишався до останніх років свого життя, залучаючи до вивчення улюбленої науки численних учнів. І тепер ще в стінах Московського університету, де єдина колись кафедра геології розрослася в геологічний факультет, можна зустріти професорів і наукових працівників — учнів Павлова.

Дуже широка й цікава наукова діяльність Павлова. Основною галуззю його геологічних досліджень було Середнє і Нижнє Поволжя. Він вивчав тут осади давніх морів, з яких складаються високі береги волзької долини, викопні рештки вимерлих тварин, які колись населяли ці моря. Він відновив картину рухів земної кори, що спричинювали в ті далекі часи наступання на сушу і відступання моря, зміни клімату, тварин і рослин, розвиток яких тісно зв'язаний з навколишнім середовищем.

Особливо докладно вивчив він історію морів юрського і крейдового періодів і багато праць присвятив опису провідних викопних мезозою — амонітів та белемнітів, які населяли ці моря (див. стор. 159—160).

Цікавив Олексія Петровича і останній, четвертинний період історії Землі, початок якого ознаменований настанням льодовико-

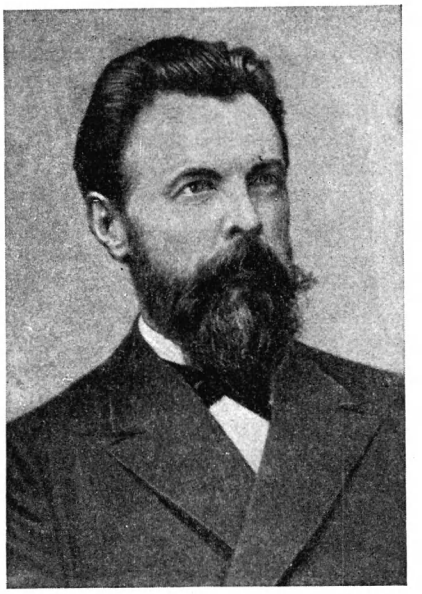
вої епохи. Павлов вважав, що великі льодовики не менш як тричі наступали на Руську рівнину і холодні льодовикові епохи змінювались теплішими міжльодовиковими. Ці події впливали на розвиток рослинного і тваринного світу, який змінювався в зв'язку з новими умовами існування. Павлов присвятив ряд наукових і науково-популярних праць людині льодовикової епохи.

Дуже цікаві статті Олексія Петровича про геологічну діяльність підземних і поверхневих вод, про походження сучасного рельєфу рівнини, про розвиток та ріст ярів, про походження велетенських зсувів, які виникають на високих, крутих берегах Волги. Останні праці мають велике практичне значення і тепер. Від зсувів терплять селища і міста, збудовані на високих берегах Волги, наприклад, міста Горький, Ульяновськ, Саратов та ін. На зсуви доводиться зважати, будуючи мости і різні споруди на крутих, підмивних берегах.

У своїх працях Павлов вказував причини утворювання зсувів і пропонував заходи боротьби з ними. Він був великим спеціалістом у справі вивчення діяльності підземних вод.

До Олексія Петровича постійно звертались за порадою будівники мостів, залізниць і інших великих споруд.

Велику увагу звертав Павлов на корисні копалини Поволжя: фосфорити, горючі сланці та асфальт. Олексій Петрович твердив, що наявність асфальту і сліди просочування нафти, відомі в деяких районах Середнього Поволжя, свідчать про те, що в глибині є значні поклади нафти. Він закликав перевірити цей здогад бурінням уздовж північної окраїни Жигулів, де він виявив великий скид. Але в ті роки не знайшлося охочих затратити кошти на ці роботи. Тільки в радянський час, коли надра нашої землі стали належати народові, було здійснено глибоке буріння в зазначеній Павловим смузі. Фонтани нафти, що забили по північній окраїні Жигулів, блискуче підтвердили його передбачення. Як виявилося, Поволжя є справді великим нафтоносним районом.



Олексій Петрович Павлов.

Марія Василівна Павлова.

Прагнучи відновити історію мезозойських морів та льодовикової епохи в Північній півкулі, Павлов вивчав їх відклади не тільки в нашій країні, а й у Західній Європі. Він докладно дослідив Московську область, береги Волги, далекий Печорський край, побував у Фінляндії, Англії, Франції, Німеччині. Він ознайомився з колекціями мезозойських викопних, які зберігаються в музеях багатьох міст Західної Європи.

Крім екскурсій і експедицій, зв'язаних з основними темами його наукових праць, Павлов багато разів побував у районах, які цікавили його як геолога і лектора-популяризатора, що розповідав про різноманітні геологічні процеси, які формують і змінюють поверхню Землі. Його цікавили процеси вулканізму та горотворення. У зв'язку з цим він подорожував по Альпах, був в Італії на Везувію, вивчав цікавий вулканічний район Флегрейських полів, вулкани Ліпарських о-вів; на о-ві Сіцілії він піднімався на вершину вулкана Етна. Олексій Петрович відвідав у Франції район згаслих вулканів Оверні та Йеллоустонський національний парк у США, де ознайомився з дуже цікавими гейзерами.

Павлов був учасником майже всіх міжнародних геологічних конгресів, що відбувались за його життя. Він брав участь в екскурсіях членів конгресів і ознайомився з багатьма областями Західної Європи та Північної Америки.

Лекції Олексія Петровича були такі жваві і цікаві саме тому, що він розповідав про те, що бачив сам, над чим сам думав, безпосередньо вивчаючи і спостерігаючи природу. Тому так яскраво написані його науково-популярні книги і статті про вулкани, про землетруси, про життя морів, про значення рік у житті людини та ін. Книги Павлова й досі спонукають багатьох до вивчення геології.

Ще під час своєї першої поїздки за кордон у 1884 р. Олексій Петрович зустрівся в Парижі з Марією Василівною Ілліч-Шишацькою, яка слухала лекції з біології, геології та палеонтології в Сорбонні (Паризькому університеті) та в Природознавчому музеї Парижа.

Тоді в Росії жінці було важко здобути вищу освіту, і тому Марії Василівні довелось виїхати за кордон, де двері деяких університетів були відкриті для жінок. Спільна любов до науки зблизила її з Олексієм Петровичем. Вони пройшли пліч-о-пліч весь свій життєвий шлях. Марія Василівна стала одним з найвидатніших палеонтологів, спеціалістом по вивченню третинних і четвертинних викопних ссавців. Ім'я Павлової відоме всім палеонтологам.

Марія Василівна була палкою прихильницею еволюційних ідей і вчення Дарвіна. У своїх працях про викопних слонів, носорогів, про розвиток коней і різних представників парнокопитих тварин вона продовжила дослідження знаменитого російського палеонтолога — основоположника еволюційної палеонтології В. О. Ковалевського.

Павлова створила в Московському університеті палеонтологічний відділ зоологічного музею, а коли після Великої Жовтневої соціалістичної революції двері університету відкрились для жінок, вона по праву зайняла місце керівника новоствореної тоді кафедри палеонтології і здобула звання професора. Академія наук СРСР присудила їй звання почесного академіка, а Українська академія наук обрала своїм дійсним членом. Павлову було обрано членом багатьох академій і наукових товариств зарубіжних країн. Крім наукових праць, вона писала і науково-популярні книжки.

Олексій Петрович помер у 1929 р. Ця смерть була тяжким ударом для Марії Василівни. але вона знайшла в собі сили продовжувати наукову роботу і у виконанні цього обов'язку знаходила підтримку і втіху. Марія Василівна померла в 1938 р. 84 років.

Життя Павлових — це приклад беззавітного служіння науці і Батьківщині, щирої любові до свого народу і до молоді, якій з такою любов'ю обоє вони віддавали свої сили і знання.

ОЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ КАРПІНСЬКИЙ

Академік Олександр Петрович Карпінський (1847—1936) був одним з найвидатніших російських геологів. Двадцять років він був президентом Академії наук СРСР.

Багато хто ще пам'ятає невисокого сивоволосого старика з жвавими, молодими очима, привітного і дуже простого в поводженні з людьми.

Доброзичливий, готовий допомогти кожному, Олександр Петрович здобув загальну любов. Особливо тепло до нього ставились молоді вчені і учнівська молодь. Навіть діти, побачивши «дідуся Карпінського», який проходив через академічне подвір'я, кидали гру і поспішали до нього. І Олександр Петрович завжди привітно вітався з дітьми.

Молоді геологи, перш ніж вирушити на польові роботи, часто приходили до Олександра Петровича. Він радив їм, яку літературу треба прочитати, на що звернути увагу при вивченні геологічної будови місцевості тощо.

У галузі геології Олександр Петрович був всеосяжним ученим. Він вніс багато нового і цінного в цю науку. Ідеї його тепер розвивають радянські вчені, широко користуючись його працями в найрізноманітніших галузях геології.

Багато праць Карпінського присвячено петрографії — науці, що вивчає склад і походження гірських порід. Олександр Петрович був одним з перших російських учених, які використали в дослідженнях мікроскоп, без

якого неможлива тепер робота петрографа-мінералога.

Олександр Петрович провів дуже цінні геологічні дослідження Європейської частини нашої країни, створив серію карт, на яких показав поширення моря і суші в різні періоди геологічної історії і зв'язав переміщення суші та моря з коливаннями земної кори. Ці праці мають величезне значення для науки. Незважаючи на те, що їх вперше було видано в 80—90-х роках минулого століття, «і тепер,— пише акад. Д. В. Наливкін,— ми продовжуємо посилатись на них, будувати на них нові висновки, користуватись ними в нашій роботі».

Світову популярність здобули також праці Олександра Петровича з палеонтології: він багато зробив у галузі вивчення загадкових викопних організмів. Одна з найбільш відомих і цікавих палеонтологічних праць О. П. Карпінського присвячена опису зубного апарата вимерлої акулоподібної риби пермського періоду, яку він назвав гелікопріоном, що в перекладі з грецької мови означає «спіральна пилка».

До дослідженъ Карпінського в різних місцях були знайдені тільки відбитки невеликих уламків спіралі, походження яких різні дослідники пояснювали по-різному.

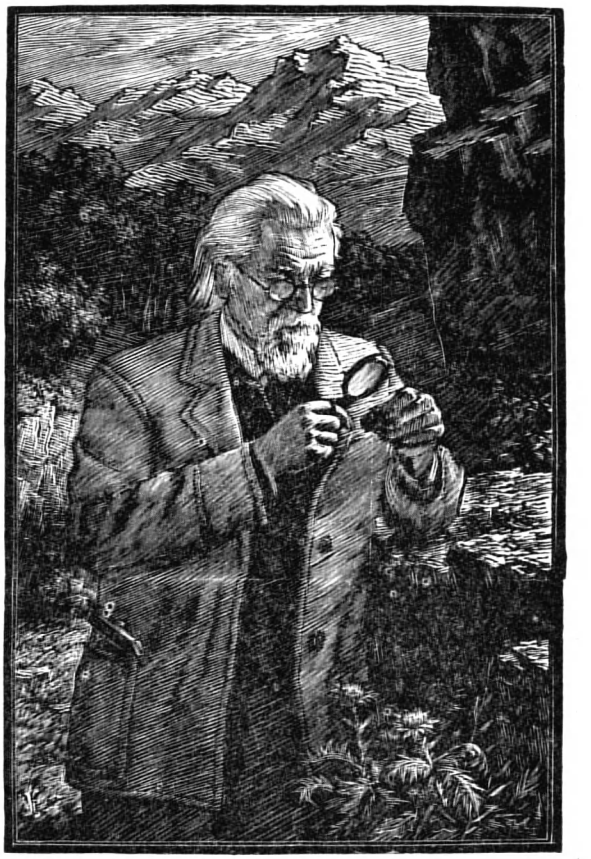
О. П. Карпінському першому пощастило побачити майже цілу спіраль, яка добре збереглася. Карпінський відновив обриси голови гелікопріона.

Про існування такої акули вчені й не догадувались, тому багато іноземців з недовір'ям поставились до висновків Карпінського. Проте пізніше всі вони мусили визнати правоту російського вченого.

За праці з палеонтології О. П. Карпінського було удостоєно міжнародної премії імені Кюв'є.

Вивчаючи корисні копалини Росії, Олександр Петрович прийшов до висновку, що в Бахмутській улоговині мають бути поклади кам'яної солі; соляні поклади справді незабаром тут було виявлено. Їх розробляють і тепер. Він вказував, що в Донецькому басейні є величезні запаси кам'яного вугілля, розміри яких тоді були невідомі. Лише в наш час цілком підтвердився і цей науковий здогад Карпінського.

На чому ж грунтувалась така здатність до наукового передбачення? Звичайно, на досвіді і багатющих знаннях. А досвід, як відомо, грунтується на вмінні спостерігати факти, робити висновки і узагальнення. Спостережливість розвивалась у Карпінського ще з



Олександр Петрович Карпінський.

раннього дитинства, коли він жив на Уралі з батьком.

Батько Олександра Петровича — гірничий інженер — навчив сина любити природу і передав йому свою любов до гірничої справи. Хлопчика рано опанувала мрія стати також гірничим інженером.

Карпінському не було ще одинадцяти років, коли його спіткало велике нещастя: помер батько. Того ж 1858 року хлопчика повезли до Петербурга вчитися в Гірничому корпусі. Це був єдиний на той час у Росії навчальний заклад, який випускав гірничих інженерів. До Москви їхали на перепряжних, а далі — поїздом першої в Росії залізниці.

Нелегко було хлопчикові після привілля рідних гір і лісів звикати до замкнутого життя в Гірничому корпусі з його муштрою і під невсипущим оком військових наглядачів. З цією нелегкою обстановкою Карпінського мирило тільки велике бажання вчитись. На щастя, з кожним роком умови в корпусі поліпшувались, військова дисципліна слабшала. Гірничий

корпус перейменували в Гірничий інститут і перетворили у вищий цивільний навчальний заклад. Карпінський на цей час вже перейшов на останній курс.

У 1866 р. Олександр Петрович закінчив інститут і здобув звання гірничого інженера. Треба було їхати на роботу. Він вибрав рідний Урал і знов повернувся в знайомі з дитинства місця.

З мішком за плечима і геологічним молотком у руках учений подорожував, шукаючи корисних копалин. Йому хотілось з'ясувати і геологічну історію краю. Олександр Петрович став визначним дослідником Уралу, головним чином його східних схилів.

Через два роки Карпінський повернувся до Петербурга. Тут він захистив дисертацію і почав читати лекції з геології в Гірничому інституті, де ще недавно сам учився. Відтоді все своє життя Карпінський цілком віддає науці і роботі на благо своєї країни і народу.

Педагогічна діяльність ученого в Гірничому інституті тривала двадцять сім років. Карпінський виховав кілька поколінь російських геологів. Він виявив себе як дуже талановитий педагог: лекції його завжди були змістовними, яскравими і простими, схожими на дружню бесіду. Супроводив він їх звичайно демонструванням рисунків, а також картою, ним самим створеною. Ця навчальна карта лягла в основу докладної геологічної карти Європейської Росії, яку згодом склали працівники Геологічного комітету під керівництвом Олександра Петровича. Карпінський був одним з організаторів Геологічного комітету, а потім і його директором.

З неослабним ентузіазмом Олександр Петрович працював як організатор і як польовий дослідник. Він прагнув наблизити науку до практики. Двадцять років підряд учений досліджував Урал. Він чудово вивчив умови, при яких утворюються руди платини, заліза, нікелю, золота. Це значно просунуло вперед розвиток гірничої справи в Росії.

Книга «Очерк месторождений полезных ископаемых Европейской России и на Урале», у складанні якої поряд з іншими авторами брав участь Олександр Петрович, була до революції єдиним повним довідковим виданням про корисні копалини цих районів Росії.

Але, незважаючи на всі прагнення геологів дослідити рідну країну, працювати в умовах царської Росії їм було дуже важко. Коштів відпускалось мало, спорядження експедицій було дуже бідне. Більшість корисних копалин лежала в землі незайманою і недослідженою.

Радісно зустрів Карпінський Велику Жовтневу соціалістичну революцію. Тільки тепер праці вчених могли по-справжньому бути корисними народові. Одноголосно обраний у 1917 р. президентом Академії наук, Карпінський зумів спрямувати всю свою роботу на користь народного господарства.

Він брав участь як у науковому, так і в громадському житті країни. Багато років Олександр Петрович був активним членом і почесним головою Всеросійського мінералогічного товариства, Петербурзького (тепер Ленінградського) товариства дослідників природи, членом Російського географічного товариства. Крім того, Карпінський був членом численних академій і наукових товариств за кордоном. Він представляв російську науку майже на всіх міжнародних геологічних конгресах. На II Міжнародному геологічному конгресі в Болоньї (Італія) в 1881 р. йому було присуджено премію за роботи над складанням геологічних карт.

Карпінський організував філіали Академії наук у союзних республіках і у великих областях. Таким енергійним і активним він залишався протягом усього свого життя. Олександр Петрович написав понад п'ятсот робіт. Свою дивну працездатність він зберіг до останніх років. Це був справжній герой праці. У 1935 р. вченого обрали членом уряду — ЦВК СРСР.

Олександр Петрович завжди ставився до молоді, як добрий і чуйний учитель. У Сиктивкарі він розмовляв з піонерами Комі АРСР, у Москві зустрічався з школярами, виступав на X Всесоюзному з'їзді комсомолу. За два тижні до смерті, вже бувши хворим, Олександр Петрович не відмовився написати статтю до одного дитячого журналу. Скрізь і завжди, користуючись своїм багатим досвідом, він прагнув дати молоді добру пораду, допомогти їй.

Помер Олександр Петрович 15 липня 1936 р., коли йому було 89 років. Карпінський справедливо вважається «батьком російської геології». Його поховано біля Кремлівської стіни на Красній площі в Москві, серед борців за революцію і кращих людей нашої Батьківщини.

ІВАН МИХАЙЛОВИЧ ГУБКІН

Академік Іван Михайлович Губкін — видатний радянський учений, основоположник геології нафтових і газових родовищ.

Губкін народився в 1871 р. у Владимирській губернії в сім'ї бідного селянина.

«Батько мій все життя займався відхожим промислом. Землі у нас було обмаль і самим лише господарюванням прохарчуватись було неможливо, тому батько ходив на Волгу, в Астрахань, і там працював на рибних промислах»,— розповідав Іван Михайлович про свої дитячі роки.

Батьки майбутнього академіка, його брати і сестри були неписьменні. Коли хлопчикові минуло 9 років, його бабуся Федосія Никифорівна настояла, щоб його віддали вчитися до сільської школи.

Іван Михайлович був у сім'ї першим, кого навчили грамоти. У школі вчитель звернув увагу на незвичайні здібності хлопчика і радив батькам продовжувати навчання його в Муромському повітовому училищі. Сім'ї потрібен був працівник, тому батьки Губкіна довго вагались і тільки після настійних благань самого підлітка дозволили йому вчитись.

Вже в третьому класі училища Губкін почав давати уроки невстигаючим учням і заробляв собі на шматок хліба.

Потім Іван Михайлович закінчив учительську семінарію в м. Кіржачі Владимирської губернії і шість років був сільським учителем. Бажання вчитись не давало йому спокою. Він вступив до Петербурзького вчительського інституту.

«Час мого перебування в учительському інституті був разом з тим і часом мого серйозного ознайомлення з марксизмом. Я тоді старанно студіював (вивчав.— *Ред.*) перший том «Капіталу» і читав іншу марксистську літературу»,— згадував Губкін.

Іван Михайлович був зв'язаний з членами Петербурзького «Союзу боротьби за визволення робітничого класу» і допомагав на конспіративній квартирі друкувати революційні прокламації.

Учительський інститут давав можливість скласти екзамени за середню школу і одержати атестат зрілості, без якого не можна було й думати про вступ до вищого навчального закладу.

Навесні 1903 р. Іван Михайлович склав екзамен на атестат зрілості і восени цього року вступив до Петербурзького гірничого інституту.

У 1910 р. у 39-річному віці він став гірничим інженером. З цього самого часу почалась і наукова робота Губкіна.

Іван Михайлович, як і К. А. Тімірязєв, був одним з перших учених, які палко вітали Жовтневу революцію і віддали всі свої творчі сили на служіння народові. У березні 1921 р. він вступив до партії.

«Я — вчений. Моє місце в партії, яка рухає вперед життя»,— говорив Губкін.

На пропозицію В. І. Леніна Губкін бере активну участь у відбудуванні нафтової промисловості і ряд років керує всією геологічною службою країни. Створюючи нову науку — г е о л о г і ю н а ф т и, Губкін вів велику практичну роботу.

Ніхто з учених до Губкіна не бачив закономірності в розташуванні родовищ нафти на земній кулі і по геологічних системах.

За вченням Губкіна, нафта — р е г і о н а л ь н а корисна копалина. Це значить, що там, де є ознаки нафти, треба шукати десь поблизу і родовища нафти; де є одне родовище, треба шукати друге родовище — так приблизно, як у лісі ростуть гриби: знайшов один гриб, шукай поруч другий і третій. Принцип регіональності для нафти в той час, коли жив Губкін, не дістав визнання, і це дуже заважало розвідникам нафти. Багато вчених, наприклад, не припускали, що нафту можна знайти в Передуралі, де ознаки нафти були давно виявлені. Родовища кожного району І. М. Губкін об'єднав у регіональні зони.

Учення про регіональність нафтових родовищ допомогло виявити резервні запаси нафти й газу в різних частинах Радянського Союзу.

До досліджень Івана Михайловича вчені не знали, що́ слід вважати найголовнішим в утворенні та формуванні нафтових родовищ. Деякі з них вважали обов'язковим наявність пористих порід — вмістилищ нафти; другі були тієї думки, що найважливішу роль тут відіграють розломи в земній корі, якими пересувається нафта; треті вважали визначальним моментом складки гірських порід. Одне слово, у цьому питанні не було ясності.

Іван Михайлович Губкін.

Губкін довів, що для формування нафтових родовищ вирішальне значення має похил пластів землі. Нафта, на відміну, наприклад, від нерухомого вугілля та руди, може просуватись по пласту і крізь пласт. Найчастіше нафта рухається по пласту в його підняту частину. Її штовхає важча від нафти вода, яка завжди займає знижену частину пласта.

Губкін відкрив вперше в світі особливі, рукавоподібні родовища нафти. Більшість геологів вважала, що родовища нафти утворюються тільки в місцях перегину нафтових пластів опуклістю догори, тобто у склепіннях антиклінальних складок (див. стор. 146). Працюючи в Майкопському районі на Північному Кавказі, ще в 1911 р., Іван Михайлович натрапив на рукавоподібне родовище. Воно було, як кажуть геологи, приурочене до давнього русла викопної річки, поблизу її впадіння в море. Своєю формою на плані воно нагадувало рукав. Пізніше знайшли і викопну дельту цієї річки.

Відкриття таких родовищ було новим етапом в розвитку науки про нафту.

На XVII Міжнародному геологічному конгресі в 1937 р. глава американської школи геологів-нафтовиків Леворсен безуспішно намагався приписати першість відкриття рукавоподібних родовищ своїм співвітчизникам, які зробили відкриття на 22 роки пізніше, ніж Губкін.

Відкриття рукавоподібних родовищ нафти, крім великої практичної цінності, мало велике теоретичне значення. Так було виявлено нові форми залягання нафти, зв'язані з береговими лініями давніх морів. Відкриття такого типу родовищ слід чекати у Волго-Уральському районі і в Сибіру.

Дуже багато зробив Губкін для вивчення надр нафтових районів Азербайджану. Ще в 1921 р. за дорученням В. І. Леніна він підготував доповідь про становище в нафтових районах республіки. Іван Михайлович разом з іншим геологом — Д. В. Голубятниковим вивчив всю складну послідовність в нашаруванні нафтоносних відкладів Кавказу і тим самим підвів наукову базу під розвиток тут нафтової промисловості.

Губкін уперше дав наукове пояснення походження і діяльності грязевих вулканів, або сальз. Грязеві вулкани, що викидають рідку глинисту масу з уламками різних гірських порід, багато хто з геологів розглядав як особливу стадію вулканічної діяльності, зв'язаної з магмою. Вважалось, що місця поблизу грязевих вулканів для буріння на нафту непридатні. Іван Михайлович довів, що грязеві вулкани, величезна кількість яких є в Азербайджані (близько 200), безпосередньо зв'язані з нафтовими газами. Він установив зв'язок грязевих вулканів з особливими складками гірських порід — діапіровими, або прорваними. Діапірові складки — це антикліналі, як кажуть, з «простромлюючим» ядром. Вони утворюються в тих випадках, коли зім'яті дуже пластичні породи, з яких складається ядро антикліналі. Ці породи дуже випинаються вгору при утворюванні складки і «простромлюють» шари, що лежать над ними. Породи простромлюючого ядра найчастіше представлені сіллю або ангідритом, гіпсом або глиною. Діапірові складки нерідко мають форму купола («соляні куполи»).

Пластичні шари, скупчуючись в ядрах діапірових складок, утворюють немов «роздуви»

дуже різноманітної форми. Вищерозташовані породи, підняті і вигнуті у вигляді купола цим роздутим ядром, яке частково або цілком їх пространлює, розтягуються, розтріскуються, розпадаючись на окремі брили, що зміщуються по тріщинах скидів.

До ядер діапірових складок піднімаються газ, нафта і вода, як до найбільш піднятих, зім'ятих і розпушених ділянок. Цим пояснюється зв'язок грязевих вулканів з діапіровими складками. При утворюванні такої складки виникає безліч перетертих порід, які витискуються на поверхню у вигляді сопкової брекчії. При великому надходженні води така брекчія розріджується і витікає у вигляді рідкої грязі; при невеликому підпиранні вона витискується у вигляді густої маси, яка закупорює отвір грязевого вулкана — іноді надовго. Газ має скупчитись, щоб прорвати таку пробку. У 1935 р. стався сильний вибух грязевого вулкана Локбатану в районі Баку, причому загорівся газ у тріщинах і грязь розжарилась до червоного (у складі нафтових газів, що виділяються в грязевих вулканах, буває до 98% метану).

Зв'язок грязевих вулканів з нафтовими родовищами І. М. Губкін довів саме на прикладі Локбатану. У районі Баку було закладено свердловини, які дали грандіозні фонтани нафти — до 10—15 тис. *т* щодоби з однієї свердловини. Після Локбатану було розбурено багато грязевих вулканів, і скрізь знайшли нафту.

Губкін наполягав на необхідності продовжувати розвідування нафти у ряді районів Азербайджану, де геологи не знайшли нафти. Він говорив: «Важливо, щоб ми самі не виснажились у своїх зусиллях, а надра нас не підведуть». І завжди Іван Михайлович бував правий. Так, у районі Небіт-Дагу, у Туркменській РСР, на його настійну вимогу відновили розвідування нафти і виявили одні з найбільших у світі нафтові фонтани — по 17—18 тис. *т* нафти щодоби.

Губкін наполягав на великих розвідуваннях у Грозному, і його прогнози цілком справдились. Він запропонував широко розвідати Ембинську солянокупольну область. У книзі «Большая Эмба» є його керівна стаття, де він висуває програму видобування нафти з нафтових родовищ Емби в кількості, не меншій, ніж з району Баку. Іван Михайлович порівнював Ембинський район з багатющими родовищами США (Техасу та Луїзіани), які він прекрасно вивчив, бувши в науковому відрядженні в Америці ще до Великої Жовтневої соціалістичної революції.

І. М. Губкін поділяв думку О. П. Павлова (див. стор. 259) про необхідність серйозних розвідувань нафти в Поволжі. Він вважав, що поверхневі нафтові родовища Другого Баку, тобто нафтоносної області Поволжя і Західного Приуралля, в т о р и н н і. Нафта проникла сюди з глибини і перебуває у вторинному заляганні. Більшість геологів у той час припускала, що родовища асфальту (окисленої нафти) у Жигулях і просочування нафти, які спостерігаються в різних районах Поволжя, є рештки виснажених первинних родовищ. На їх думку, на Волзі і на Уралі навряд чи можна було будь-коли знайти нафту промислового значення. Відкриттю нафти в 1929 р. у Верхньочусовських Городках на р. Камі, де було закладено бурову свердловину на сіль, не надавалось серйозного значення.

Губкін дав наукове обгрунтування необхідності вивчити Волго-Уральський район. Під керівництвом Губкіна його учень О. О. Блохін організував першу експедицію до Ішимбая (Башкирська АРСР). Чотири свердловини, закладені в районі Ішимбая, одночасно дали фонтани нафти.

Губкін у статті «Доверие народа — высшая награда» розповідав, яку боротьбу йому довелося вести з противниками розвідувань приуральської нафти.

Тепер багато нафти видобувають у Башкирії, Татарії і інших районах Приуралля.

Іванові Михайловичу належить думка про наявність нафти в місцях, розташованих ближче до центральних районів країни, про можливість існування нафти в Підмосков'ї. І справді, за останні роки межі Другого Баку далеко просунулися на захід.

У 1932 р. Губкін виступив на Новосибірській сесії Академії наук з доповіддю про можливість знаходження нафти в Західному Сибіру. Він висловив припущення, що відклади східного схилу Уралу, вугленосні в районі Челябінська, у межах низовини повинні перейти в нафтоносні пласти. Крім того, у Кузбасі і Мінусінській улоговині під вугленосними відкладами мають бути нафтоносні відклади давнього, девонського[1] віку. Ці ідеї знаходять тепер дедалі більше підтвердження.

Губкін був прихильником органічного походження нафти і обгрунтував наукову теорію

[1] *Девонський період* був на Землі 281 млн. років тому.

утворення нафти в природі. Він твердив, що батьківщина нафти не болота, не суша, а ділянка мілкого моря, яка становить, так би мовити, зону боротьби між сушею і наступаючим морем.

«Нафта трапляється,— говорив учений,— в усіх геологічних системах, починаючи від кембрію і кінчаючи третинною системою. Нафта виникла саме в умовах мілководних морів і заток».

З якого ж органічного матеріалу утворилась нафта? На це питання вчені дають різні відповіді. Дехто вважає, що нафта утворилась з вищих рослин. Інші — що вся нафта утворилась з водоростей. Частина вчених, як, наприклад, Енглер і Кабаясі, вважає, що нафта походить з останків тварин. Вони робили досліди в напрямі органічного синтезу — штучного одержання нафтоподібної речовини з риб'ячого жиру.

За теорією Губкіна, нафта має мішане тваринно-рослинне походження. Він вважав, що між вугіллям і нафтою існує ціла система переходів. Усі горючі корисні копалини, за теорією Губкіна, утворились в результаті життєдіяльності мікроорганізмів. Іван Михайлович вважав, що вихідним матеріалом для нафти є гнильний мул — сапропель. Він розрізняв дві стадії в процесі утворення нафти. Перша стадія — нагромадження органічного матеріалу в сланцях та глинах і перетворення його в дрібнісінькі частинки нафти (первинна нафта). У другій стадії внаслідок зминання пластів землі нафта витискується з цих сланців та глин у піски і пересувається в склепіння антиклінальних складок. Там вона займає місце відповідно до питомої ваги: угорі — газ, нижче — нафта (вторинна нафта) і ще нижче — вода. Так формуються нафтові родовища.

В утворюванні нафти, на думку Губкіна, величезне значення мають процеси, зв'язані з діяльністю бактерій, особливо на першій стадії перетворення органічної речовини.

Зараз не викликає сумніву, що в будь-якій за віком нафті на великій глибині є жива мікрофлора. У родовищах Кавказу на великій глибині в нафтових водах були виявлені живі бактерії. Існує навіть наука м і к р о б і о л о г і я н а ф т и, честь створення якої належить радянським ученим.

Іван Михайлович створив теорію формування нафтових родовищ, поділивши процес формування на стадії, починаючи від нагромадження органічної речовини і кінчаючи руйнуванням давніх нафтових родовищ.

Губкін установив закономірність розташування нафтових родовищ головним чином на окраїнах гірських пасом. Нафтових родовищ немає в центральних частинах гірських систем.

Іван Михайлович не розв'язав повністю питання про походження нафти, але накреслив основні напрями, якими має йти дослідницька робота.

Губкін був не тільки великим ученим, а й видатним педагогом. Лекції він читав з великим захопленням, наводив цікаві приклади з своєї багатої практики. Говорив він не поспішаючи, з «о́канням», його ясні й короткі фрази було легко записувати. На лекції Губкіна приходили не тільки студенти, але й учені. Він був ректором Московської гірничої академії. Московський нафтовий інститут, що виділився з Гірничої академії, де Губкін викладав, названо ім'ям свого славного засновника.

Учений не терпів раболіпства перед закордонною наукою. «Таке принизливе раболіпство не гідне радянського громадянина,— писав він.—Ми не відмовляємось від постійного обміну з іноземною науковою думкою, але ми можемо й повинні примусити вважати російську мову і наукові праці, викладені мовою нашої великої Батьківщини, такими ж повноправними, як англійські та інші».

Губкін викрив псевдонаукову теорію про вичерпання світових запасів нафти.

Цю облудну теорію тепер використовують американські імперіалісти для виправдання їх агресії на Близькому і Середньому Сході.

Академік Губкін був дуже освіченою людиною і кращим знавцем усіх родовищ нафти на Землі.

Іван Михайлович мав надзвичайну пам'ять. Досить було йому один раз побувати на родовищі нафти, як він запам'ятовував деталі його будови на все життя і нерідко вражав знавців окремих районів своїми висновками про глибини й інші особливості свердловин.

До людей Губкін завжди ставився уважно. Він дуже любив молодь і з інтересом слухав дослідників, що приїжджали з далеких експедицій; при невдачах підбадьорював їх. Іван Михайлович умів запалити вогнем ентузіазму геологів, які працювали над складними проблемами, практичний ефект яких видно не одразу.

Досить було поговорити з Іваном Михайловичем, глянути в його добрі очі, як поліпшувався настрій і хотілось працювати ще краще.

Губкін виховав багато молодих учених, які з ентузіазмом продовжують його роботу.

Він був дуже вимогливий до людей і всім своїм життям і діяльністю показував, яким має бути радянський учений. «Щоб бути добрим комуністом і добрим ученим, учений-більшовик повинен боротись за науку з такою ж пристрастю, як і за генеральну лінію партії. Учений повинен бути принциповим і не здавати своїх переконань. Усе своє життя я прагнув виховувати в собі принциповість. Я ніколи—ні заради «дружби», ні заради слави чи грошей, ні заради збереження «добрих взаємин» — не зраджував свої переконання. Це й допомагає мені багато чого добиватись у своїй науковій діяльності», — писав Губкін.

Навесні 1939 р., незадовго до смерті Івана Михайловича, його відвідала група працівників Головпівнічморшляху. Хтось запитав ученого:

— Чи вірите Ви в арктичну нафту?

— Це запитання не зовсім точне,— задумливо сказав Іван Михайлович,— що значить вірити? Але, очевидно, Ви маєте на увазі наукове передбачення, що грунтується на всій сумі людських знань. От без нього не можна працювати. Так, я передбачаю промислову нафту на Крайній Півночі, серед снігів на Нордвіку і в Таймирській депресії, так само ясно, як у більш вивчених районах між Волгою і Уралом. Але бачу її поки що далекою. Від вас залежить зробити її реальною і близькою.

Губкін особисто знав майже всіх геологів-нафтовиків і пам'ятав тисячі людей на ім'я та по батькові: Нафтовики Баку обрали його депутатом Верховної Ради СРСР.

В Академії наук СРСР Губкін до самої смерті був віце-президентом.

Найкращий пам'ятник поваги і слави видатному вченому Іванові Михайловичу Губкіну — відкриті після його смерті численні нафтові родовища, які так талановито передбачив він багато років тому.

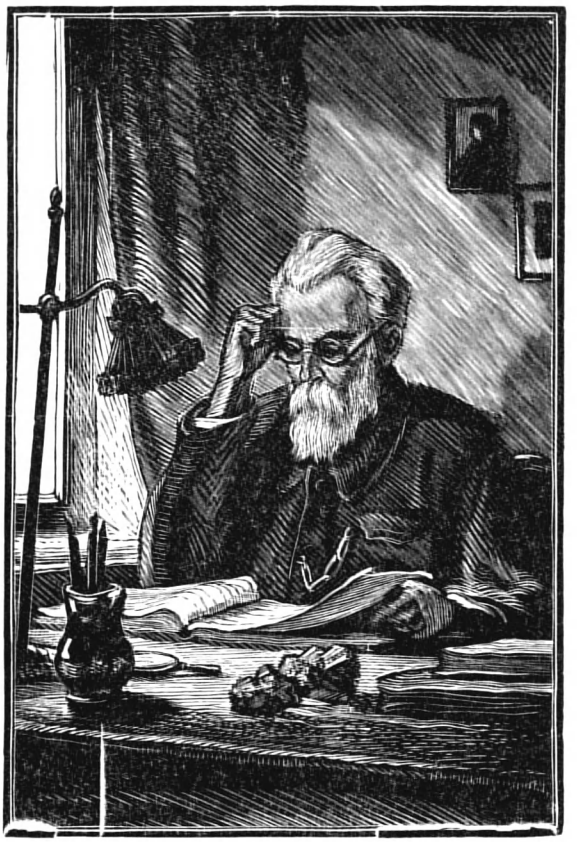
ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ ВЕРНАДСЬКИЙ

Академік Володимир Іванович Вернадський був визначним природодослідником XIX і XX ст., видатним мінералогом, кристалографом і засновником нових наук — геохімії та біогеохімії. Народився він в 1863 р. в Петербурзі в сім'ї професора економіки та історії І. В. Вернадського.

Вернадський здобув широку й різнобічну освіту. Він вчився в Петербурзькому університеті, де слухав лекції корифеїв[1] науки — Д. І. Менделєєва, О. М. Бутлерова, В. В. Докучаєва, І. М. Сєченова. Замолоду Володимир Іванович брав участь в революційних студентських гуртках. У 1885 р. Вернадський закінчив університет і був залишений в ньому для ведення наукової роботи. У 1898 р. його запросили в Московський університет завідувати кафедрою мінералогії та кристалографії. Тут на протязі багатьох років Володимир Іванович читав лекції і провів немало наукових досліджень, які так прославили його ім'я. Він приділяв багато уваги розширенню Мінералогічного музею університету. Крім того, Вернадський був також професором Московських Вищих жіночих курсів. Його плодотворна науково-педагогічна діяльність у найстарішому російському університеті була перервана в 1911 р.

Цього року, як і багато інших передових учених (К. А. Тімірязєв, М. Д. Зелінський, С. О. Чаплигін, М. О. Умов, П. М. Лебедєв та ін.), професор мінералогії В. І. Вернадський залишив Московський університет, протестуючи проти поліцейського режиму, який намагався запровадити в цьому навчальному закладі міністр освіти Кассо. І в наступні роки Володимирові Івановичу не раз доводилося виступати на захист вищої школи від замірів самодержавства. Залишивши Московський університет, він поїхав до Петербурга і цілком присвятив себе науковій роботі. Але тільки після Великої Жовтневої соціалістичної революції видатному вченому створили такі умови роботи, коли в усьому блиску могла проявитись його надзвичайна наукова обдарованість і великий організаторський хист. Вернадський стає на чолі таких важливих наукових закладів, як Комісія для вивчення

[1] *Корифей* — видатний діяч науки, мистецтва тощо.



Володимир Іванович Вернадський.

природних продуктивних сил Росії, Радієвий інститут, Біогеохімічна лабораторія, Комітет для вивчення метеоритів і ряду інших.

Володимир Іванович був першим президентом Української академії наук, яку було засновано в 1918 р.

За висловом проф. В. Д. Личкова, «своєю діяльністю він (Вернадський.— *Ред.*) переорав ниви багатьох наук: і хімії, і мінералогії, і геології, і грунтознавства, і біології; разом з тим він створив нові науки — геохімію та біогеохімію».

У наш вік вузької спеціалізації, коли одній людині неможливо досконало знати численні науки, Вернадський намітив нові шляхи для спільного розвитку таких суміжних наук, як мінералогія і хімія, кристалографія і хімія, біологія і хімія. Це показує надзвичайну широчінь наукових інтересів та наукового кругозору вченого.

З самого початку своєї діяльності Володимир Іванович вибрав своєю основною спеціальністю мінералогію. У той час ця наука ставила перед собою дуже обмежені цілі. Мінералоги вважали, що їх завдання має зводитись в основному до всебічного опису мінералів та їх систематизації. Умовами утворення мінералів тоді цікавились мало.

Вернадський підійшов до мінералогії з цілком нової точки зору: він висунув ідею еволюції (зміни) усіх мінералів і тим самим поставив перед мінералогією нові завдання, значно ширші й глибші від попередніх. Головна мета мінералогії, за Вернадським,— вивчення історії мінералів у земній корі. Мінералоги не можуть обмежуватись вивченням лише хімічного складу і фізичних властивостей мінералів, але повинні звертати особливу увагу на умови утворення мінералів і дальше їх «життя» в різних частинах земної кори, на ті зміни, які відбуваються при метаморфізмі й вивітрюванні (див. стор. 45 і 99). Він установив шляхи перетворення одних мінералів в інші і вказав на величезну роль цих процесів, зокрема при утворенні родовищ корисних копалин.

Мінералогія, за визначенням В. І. Вернадського, є хімією земної кори і історією мінералів, з яких вона складається. Життя цілком підтвердило правильність накресленого ним шляху розвитку цієї важливої науки.

В. І. Вернадський вніс багато нового у вивчення різних груп мінералів. Особливо цінні його дослідження сполук вуглецю (основи всього живого на Землі) і силікатів — групи мінералів, що становлять головну масу земної кори. До силікатів належать польові шпати, каолін, рогові обманки і т. д.; з хімічного погляду всі вони є кисневі сполуки кремнію і ряду інших елементів.

На основі розроблених ним ідей Володимир Іванович систематизував дані про більшість мінералів і дав нову їх класифікацію.

Протягом багатьох років Володимир Іванович вивчав води в земній корі. Він установив єдність природних вод планети, взаємозв'язок між ними, зв'язок вод з твердою речовиною земної кори та з живими організмами. Вернадський сам провів величезну кількість хімічних аналізів і зібрав багато матеріалів, на основі яких розробив перший науковий поділ на класи та групи, розглядаючи їх як мінеральні відміни. Після виходу в світ його праці «История природных вод» гідрогеологія вже не могла обмежуватись вивченням тільки умов залягання підземних вод, але почала вивчати також їх походження, склад і т. д.

Особливу увагу приділяв В. І. Вернадський дослідженню явищ радіоактивності. Процес радіоактивності полягає в тому, що з ядра атома радіоактивного елемента (наприклад, урану, торію), незалежно від зовнішніх умов, безперервно з величезною швидкістю вилітають особливі частинки, які дістали назву альфа-частинок. Вони є заряджені позитивною електрикою ядра елемента гелію. Крім того, виникають ще так звані бета- і гамма-промені. Ядро радіоактивного елемента, що викидає альфа-частинки, немов розколюється, розпадається, утворюючи послідовно ряд нових елементів; при цьому виділяється багато тепла.

В. І. Вернадський показав велике значення радіоактивності для геологічних процесів.

У зв'язку з відкриттям явища радіоактивності він ще в 1910 р. писав: «Жодна держава і суспільство не можуть ставитись байдуже, як, яким шляхом, хто і коли використає і вивчить джерела променистої енергії, що є в її володіннях».

Пізніше, у 1922 р., Вернадський з дивною прозорливістю говорив: «Ми підходимо до великого перевороту в житті людства, з яким не може порівнятись все, ним раніше пережите. Недалеко той час, коли людина матиме в себе атомну енергію, таке джерело сили, яке дасть їй можливість будувати своє життя, як вона захоче... Чи зуміє людина скористуватись цією силою, спрямувати її на добро, а не на самознищення? Учені не повинні закривати очі на можливі наслідки їх наукової роботи, наукового процесу. Вони повинні себе почувати відповідальними за наслідки їхніх відкриттів. Вони повинні зв'язати свою роботу з кращою організацією всього людства».

Володимир Іванович рішуче відкидав прийняте багатьма вченими положення про залишковий внутрішній жар планети, тобто про те, що Земля була раніше розжареною кулею, і внутрішню теплоту Землі пояснював радіоактивним розпадом.

Останні десятиріччя свого життя Володимир Іванович присвятив вивченню надзвичайно складних питань, зв'язаних з розподілом окремих хімічних елементів у земній корі. Працюючи над цими питаннями разом із своїм учнем О. Є. Ферсманом (див. стор. 273), В. І. Вернадський розробив основи нової науки — г е о х і м і ї, яка зразу ж набула важливого значення як з суто наукового, так і з практичного погляду.

М і н е р а л о г і я — н а у к а п р о і с т о р і ю м і н е р а л і в (природних хімічних сполук).

Г е о х і м і я, на відміну від мінералогії,— ц е н а у к а п р о і с т о р і ю а т о м і в у з е м н і й к о р і і у В с е с в і т і. Геохімія вивчає закони поширення та розподілу атомів хімічних елементів у Землі й умови утворення їх скупчень, тобто родовищ.

У складі земної кори переважають елементи з малим порядковим номером за таблицею Д. І. Менделєєва, тобто з малою атомною вагою[1]. Мало поширені в земній корі важкі елементи.

Вернадський всебічно проаналізував усю таблицю елементів Менделєєва з погляду геохіміка. Він розбив усі хімічні елементи залежно від міри їх участі в складі земної кори на групи і встановив процентний вміст у земній корі багатьох елементів.

Цікавими є дослідження вченим так званих циклічних елементів, що беруть участь у кругообігу, як, наприклад, вуглець (див. стор. 165). Особливо яскраво циклічність виявлена ще у кисню, водню, азоту, фосфору та сірки, а з металів — у заліза, міді, цинку, марганцю та ін. За обчисленнями Вернадського, у кругообігу бере участь 99,7% речовини земної кори, а не бере участі тільки 0,3%.

Радіоактивні процеси — це процеси, не оборотні в умовах земної кори. Вони ведуть до розпаду складних важких атомів радіоактивних елементів, які, втрачаючи альфа-частинки, переходять у простіші елементи з меншою атомною вагою. Так, в результаті радіоактивного розпаду урану та торію в земній корі утворюються відміни (ізотопи) свинцю та гелію.

Враховуючи ці явища, Вернадський прийшов до цікавого висновку, що протягом геологічної історії Землі склад хімічних елементів змінювався.

Одним з найважливіших з практичного погляду розділів геохімії є вчення про парагенезис[2] елементів, про закономірності зв'язків елементів у мінералах.

У праці «Парагенезис химических элементов земной коры» Вернадський науково обгрунтував причини сумісного поширення елементів у певних місцях земної кори, вказав на закономірність у розподілі ділянок з підвищеним вмістом того чи іншого елемента та на

[1] Виняток становлять літій, берилій та бор. Вони хоч і мають невелику атомну вагу, але відзначаються нестійкістю атомних ядер, і в природі їх мало.

[2] *Парагенезис хімічних елементів* — закономірне сумісне перебування хімічних елементів у мінералах і гірських породах. *Парагенезис* — сумісне утворення, сумісне перебування мінералів у природі, яке акад. В. М. Севергін (див. стор. 254—255) називав «суміжністю».

їх зв'язок з геологічною будовою району. Знання такої геохімічної «зараженості» різними елементами дало можливість скласти геохімічні карти, що полегшили геологам розшукування корисних копалин, особливо руд: адже кожний мінерал, кожна руда зв'язані з певними гірськими породами.

На основі досліджень розпаду радіоактивних елементів Вернадський зробив важливий висновок про можливість і необхідність запровадження в геології абсолютного літочислення.

Справа в тому, що геологи на основі порівняння решток організмів (черепашок, скелетів тварин), які вони знаходять у шарах осадових порід, можуть сказати тільки, що такий-от шар молодший, а такий-от старший від того чи іншого пласта. Іншими словами, вони можуть визначати лише відносний вік порід. А встановити, скільки років тому ці шари утворились, вважалось неможливим.

А радіоактивні процеси, правда з невеликою точністю, дають змогу визначати в роках (точніше —у тисячоліттях), скільки років тому утворились радіоактивні пласти породи, де вони діють.

Оскільки швидкість розпаду радіоактивних елементів весь час стала, а в результаті цього процесу утворюються незмінні атоми певних елементів, то, знаючи кількість цих речовин, можна визначати вік окремих ділянок Землі і всієї планети.

Наприклад, у радіоактивному мінералі завдяки безперервному розпаду атомів урану або торію кількість їх зменшується, а кількість свинцю та гелію збільшується. Радіоактивні елементи розпадаються із строго певною і завжди однаковою швидкістю, різною для різних елементів. Ця швидкість вимірюється так званим періодом піврозпаду, тобто тим часом, протягом якого кількість даного радіоактивного елемента зменшується вдвоє. Піврозпад урану відбувається за 4,5 млрд. років. Знаючи це, можна обчислити, скільки гелію та свинцю утворюється з 1 *г* чи з іншої кількості урану за один рік. А звідси, порівнявши кількість свинцю і кількість урану в якому-небудь мінералі, неважко обчислити і вік мінералу, якому відповідатиме вік породи, що його включає. Визначення віку гірських порід залежно від кількості свинцю дає точніші дані, ніж підрахунок кількості гелію, бо гелій, як газ, частково виділяється в атмосферу.

Вернадський вказав, що земна куля складається з ряду оболонок різної питомої ваги та складу, які він назвав г е о с ф е р а м и. Фізико-хімічні умови — температура і тиск — різні в різних геосферах. Володимир Іванович приділив багато уваги вивченню хімічного складу верхніх оболонок Землі: атмосфери, гідросфери (водна оболонка) та літосфери (тверда кам'яна «плівка»). Він виділив як особливу оболонку б і о с ф е р у — сукупність організмів, живої речовини. Біосфера міститься на літосфері, у гідросфері і проникає на деяку глибину в літосферу і на деяку висоту в атмосферу. Володимир Іванович вивчення біосфери називав «найважливішою справою свого життя». Він створив нову науку — б і о г е о х і м і ю.

Вернадський поставив надзвичайно цікаву проблему: яка роль органічного світу в житті нашої планети? Він з'ясував величезне значення живої речовини в усіх геологічних процесах на поверхні планети та в утворенні атмосфери, хоч за вагою вона становить мізерну частину планети (близько 0,1 % її ваги). Він установив, що вільний кисень атмосфери — продукт життєдіяльності рослин, що енергія сонячного проміння, яка перетворюється земними рослинами, відіграє велику роль у геологічних та геохімічних процесах у земній корі; показав значення живих організмів у переміщенні, концентрації та розсіюванні хімічних елементів. Багато гірських порід цілком створено живими організмами — вапняки, трепел, кам'яне вугілля тощо.

До біосфери Вернадський відносив і такі речовини, як грунт і мули, переповнені мікроорганізмами. Біосфера являє собою оболонку, що закономірно виникла в історії планети.

У біосфері вчений окремо виділив процеси та їх продукти, зв'язані з життєдіяльністю людини. У числі факторів, які змінюють земну кору, людині належить особливо важливе місце. Людина впливає на природу так, що «лице планети — біосфера — хімічно різко змінюється свідомо і головним чином несвідомо.

Змінює людина фізично і хімічно повітряну оболонку земної кулі.

У XX ст. в результаті росту культури людини дедалі різкіше почали змінюватись біологічно і хімічно моря і частини океану...»— говорив Вернадський.

Людина створила безліч хімічних сполук, які ніколи не зустрічаються в природі; вона виробляє величезну кількість металевого заліза, яке в природі трапляється як мінералогічна рідкість, і металевий алюміній, якого на Землі немає.

У короткому нарисі важко перерахувати

навіть найважливіші праці Володимира Івановича Вернадського.

Покійний президент Академії наук СРСР В. Л. Комаров писав з приводу смерті В. І. Вернадського:

«Є люди, чия смерть справляє враження передчасної втрати незалежно від їх віку. В. І. Вернадський належить до числа таких людей.

Кожного великого відкриття В. І. Вернадського було б досить, щоб зробити ім'я вченого світовим ім'ям, у нього було так багато подібних відкриттів».

Вернадський був дуже освіченою людиною свого часу. Звичайно він працював у себе в бібліотеці. Число вивчених ним книжок не піддається обліку. Кілька разів за своє життя він змінив бібліотеку, що складалася з десятків тисяч томів! І незважаючи на величезну наукову роботу, Володимир Іванович знаходив час читати художню літературу і цікавився мистецтвом, особливо музикою.

Наукові праці Володимира Івановича написані прекрасною літературною мовою.

Вернадський був великим патріотом. У 1944 р. у роки Великої Вітчизняної війни, незадовго до смерті, він писав у своєму щоденнику:

«По закінченні війни моральне значення в світовому середовищі російських вчених повинно дуже піднятись з величезним ростом російської науки і російської мови в найближчому майбутньому. Світове значення російської науки і російської мови в світовій науці буде дуже велике, раніше небувале».

Володимир Іванович Вернадський помер 82 років, у 1945 р. У нього, як і в багатьох наших учених, творчий геній не притуплявся до останнього дня життя. І зараз, перечитуючи статтю тепер теж покійного академіка Л. С. Берга, яку він написав до п'ятдесятиріччя наукової діяльності Вернадського, розумієш глибоке значення його слів: «Від старого учня вічно юному вчителеві».

Серед учнів Вернадського було багато видатних вчених нашої країни — покійний академік О. Є. Ферсман, академік О. П. Виноградов, проф. Я. В. Самойлов і багато інших.

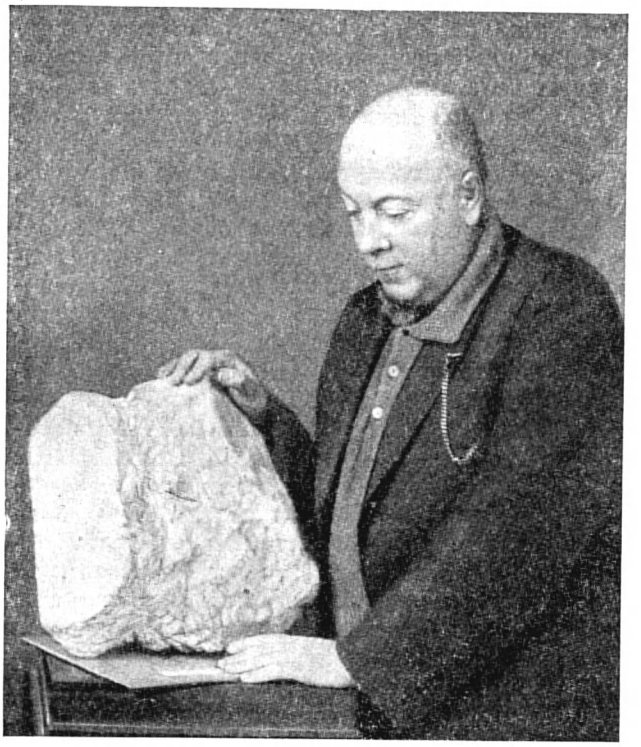
Академік О. Є. Ферсман так згадував про свого вчителя: «Ще стоїть передо мною його прекрасний образ — простий, спокійний, образ великого мислителя; ясні, то веселі, то задумливі, але завжди променисті його очі; дещо швидка і нервова його хода, красива сива голова, обличчя людини рідкої внутрішньої чистоти, яка почувалась у кожному його слові, у кожному його русі і вчинку».

Ідеї Вернадського знаходять відображення майже в усіх значних мінералогічних і геохімічних працях. Він був загальновизнаним главою радянських мінералогів. Встановлену на честь визначного вченого В. І. Вернадського премію Академія наук СРСР присуджує за кращі наукові праці з мінералогії та геохімії.

ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНОВИЧ ФЕРСМАН

Хто із школярів не читав книжки О. Є. Ферсмана «Занимательная минералогия», хто міг залишитися байдужим, дізнавшись про дивні «волокнисті» камені, з яких можна сплести рукавиці, про камені в живому організмі, про їстівні камені, про камені, що падають з неба, і про багато що інше! Хто не захоплювався книжкою Ферсмана «Занимательная геохимия», подумки пускаючись у фантастичну подорож у глибину Землі, знайомлячись з атомами хімічних елементів у природі! Разом з автором юний читач, напевне, мріяв про час, коли радянські вчені зможуть підкорити атом своїй волі і використати величезну кількість енергії на благо народу. Молодь захоплюють і такі популярні книжки Ферсмана, як «Воспоминания о камне», «Мои путешествия», «Рассказы о самоцветах», «Путешествия за камнем».

Академік Олександр Євгенович Ферсман, наш знаменитий мінералог та геохімік, був другом дітей. З багатьма юними любителями мінералогії він листувався. В архіві академіка бережно зберігаються три товсті папки, повні дитячих листів. На кожного листа Олександр Євгенович, як правило, відповідав. Не раз виступав



Олександр Євгенович Ферсман розглядає зразок апатитової руди.

він у Будинках піонерів і в школах. Під впливом Ферсмана багато школярів-піонерів брало в руки геологічні молотки і йшло шукати корисні копалини. З радістю розповідали вони потім вченому про свої походи та знахідки. Разом з ними радів і Олександр Євгенович.

Ферсман народився в 1883 р. у Петербурзі, але більшу частину дитинства провів в улюбленому сонячному Криму, недалеко від Сімферополя, у селищі, яке тепер називається Ферсманове. За словами самого Олександра Євгеновича, він з шестирічного віку став «пристрасним мінералогом». На кам'янистій гіроньці, недалеко від хати, хлопчик старанно вибивав молотком з породи виблискуючі на сонці кристалики гірського кришталю. Іноді він пробирався в покинуті каменоломні. З острахом ступав він в таємничу напівтемряву печер, але зате приносив звідти дивне каміння. Глянувши одного разу крізь один камінь на літери в книзі (Ферсман умів читати вже в 5-річному віці), він побачив, що літери подвоїлись. Як виявилось, камінь був двозаломним кальцитом. Тоді хлопчик ще не знав його назви. Він розумів тільки, що в природі повно дуже цікавих таємниць та загадок і що треба будь-що їх розгадати.

Учень Одеської класичної гімназії Олександр Ферсман любив бродити по берегу моря, вишукуючи каміння для колекції. Ці екскурсії навчили його (як сам він пізніше писав) «дуже важкого і складного обов'язку природодослідника — спостерігати». Учився Ферсман добре, але йому хотілось знати більше проти того, що написано в підручниках. Він читав багато книжок, ділився з однолітками враженнями про прочитане і тоді вже мріяв стати мінералогом.

У 1901 р. Олександр Євгенович закінчив гімназію і вступив до Одеського університету (який називався тоді Новоросійським), але наступного року перейшов до Московського. Він привіз свої колекції у Москву і подарував їх університетському музею.

В університеті Ферсман став учнем знаменитого вченого — професора мінералогії Володимира Івановича Вернадського, майбутнього академіка (див. стор. 269). Його лекції захопили молодого студента. Вернадський створив новий напрям у мінералогії. До Вернадського мінералоги займались головним чином описом мінералів, вивчали їх властивості і не цікавились їх походженням та зміною. А Вернадський розкрив складну і цікаву картину «народження» та «життя» мінералів. Кожен мінерал в нових умовах з часом змінюється, хімічні елементи, з яких він складається, утворюють нові сполуки.

Ферсман був кращим учнем Вернадського. Ще студентом він написав п'ять наукових праць (перша вийшла в світ, коли Ферсману було близько 20 років). По закінченню університету, у 1907 р., Олександр Євгенович поїхав у відрядження за кордон. Повернувшись на батьківщину, він продовжував працювати з Вернадським.

Вернадський і Ферсман створили нову науку — г е о х і м і ю, яка вивчає поведінку атомів хімічних елементів у земній корі.

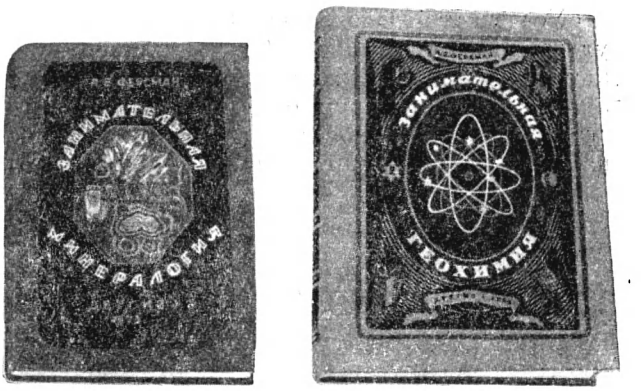
«Ще недавно був час, коли маси значків корисних копалин безладно лежали на барвистому килимі нашої геологічної карти. Здавалось, не було ніяких строгих законів, які розсіювали б ці знаки по полях різного кольору: одні з них скупчувалися разом у гірських районах, а другі заповнювали поля колишніх морів і материків. Тепер ми знаємо, що розподіл цих точок підлягає найглибшим законам геохімії»,— говорив Ферсман. Розподіл корисних копалин — результат складних

шляхів міграції (переміщення) атомів, результат хімічних реакцій певних хімічних речовин у певній хімічній і фізичній обстановці.

У 1912 р. Олександр Євгенович став професором. Він прочитав перший університетський курс геохімії. Молодий вчений не мислив науки, яка була б відірвана від життя, не давала б користі людині. «В основі кожної справжньої науки лежить зв'язок теорії і практики»,— говорив Ферсман. Він прагнув розкрити багатства надр своєї батьківщини, але царський уряд майже не відпускав коштів на геологічні дослідження. Ферсман обурювався, що в Росії не використовують багатющі надра і ввозять з інших країн мінеральну сировину (вугілля, фосфорити тощо). З метою розвідувань він почав робити подорожі, частіше своїм коштом.

У 1915 р. учені-патріоти на чолі з В. І. Вернадським добились організації при Академії наук Комісії для вивчення природних продуктивних сил Росії. Олександр Євгенович став одним з найенергійніших її діячів. Дослідницьку роботу Ферсман почав на Уралі. Він прагнув вивчити, як «народжуються» самоцвіти та кольорові камені — голубі топази, зелені ізумруди, фіолетові аметисти, рожеві та малинові турмаліни, різнобарвні яшми і багато інших. Згодом Олександр Євгенович написав про ці камені кілька книжок. Основну увагу протягом 25 років він приділяв дослідженням пегматитових жил, в яких звичайно бувають цінні мінерали (див. стор. 94). Учений прагнув виявити закони розподілу мінералів у різних щодо типу пегматитових жилах. В результаті тривалих спостережень та досліджень Ферсман створив велику наукову працю «Пегматиты», яку в геології визнано за класичну. Ця праця Олександра Євгеновича має не тільки наукове, а й практичне значення. Вона полегшує геологам-розвідникам розшукувати корисні копалини.

У перші ж роки Радянської влади партія і уряд поставили перед Академією наук як одне з основних завдань — дослідження надр країни. На експедиції почали відпускати значні кошти. Олександр Євгенович — тоді вже академік (його обрали в дійсні члени Академії наук у 1919 р.) — почав організовувати одну геологічну експедицію за другою. Починаючи з 1920 р., він з групою студентів і молодих геологів провів кілька експедицій у пустинному тоді краї Кольського п-ва — Хібінах. Мандрівники виходили гори і болота



Книжки О. Є. Ферсмана «Занимательная минералогия» і «Занимательная геохимия», які видав Дитвидав РРФСР.

Хібінської тундри, страждали в горах від бур і туманів, на болотах — від комарів, які роз'їдали до крові обличчя й руки. Вони робили складні переходи з важкою ношею за плечима. Але всі труднощі окупались відкриттям величезного родовища апатиту — каменя родючості, в якому є фосфор. Це було відкриття світового значення. Ферсман сам розробив новий спосіб діставання з апатиту фосфорних добрив. Крім того, на Кольському півострові, у Мончетундрі, Олександр Євгенович виявив мідні й нікелеві руди.

Ферсман зробив важку й цікаву подорож у центр пустині Каракуми. Там разом із своїм загоном він мало не загинув без води.

У Каракумах Олександр Євгенович виявив великі поклади самородної сірки. Раніше наша країна ввозила сірку з-за кордону, а після експедиції Ферсмана почали розробляти родовища сірки в Каракумах, збудувавши там перший в СРСР сірчаний завод.

Олександр Євгенович провів також експедиції на Алтай, у Забайкалля, Карелію, на Кавказ і в багато які інші місця.

Це не заважало йому виконувати безліч інших робіт. Він був віце-президентом і членом президії Академії наук СРСР, директором Мінералогічного музею і Інституту кристалографії, мінералогії і геохімії. Водночас він надрукував понад тисячу наукових статей і книжок. Однією з найзначніших праць Олександра Євгеновича Ферсмана була «Геохимия». Лондонське геологічне товариство присудило за неї Ферсману вищу нагороду — медаль ім. Волластона, свого часу присуджену Дарвіну й іншим найвизначнішим вченим світу.

Усе життя Олександр Євгенович віддав улюбленій науці. Любов'ю до каменя пройняті всі його книжки. Особливо поетично написано «Воспоминания о камне». У цій книзі автор звертається до молоді з закликом: «Пізнавайте свою країну, свій край, свій колгосп, свою гироньку чи річечку! Не бійтесь, що малі ці гироньки та річечки, адже з малого виростає велике».

Помер Олександр Євгенович Ферсман 20 травня 1945 р. у м. Сочі, біля дорогого йому з дитинства Чорного моря.

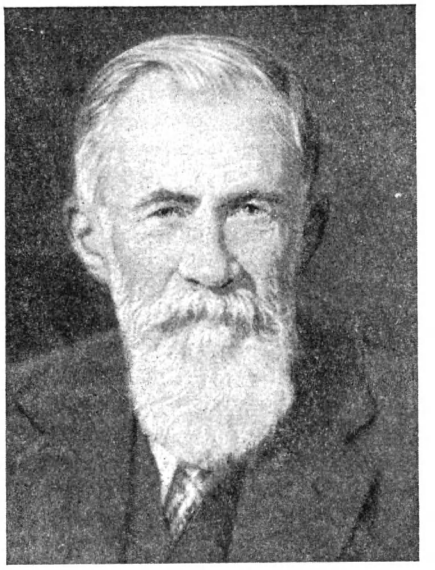
ВОЛОДИМИР ОПАНАСОВИЧ ОБРУЧОВ

Славнозвісний вчений академік Володимир Опанасович Обручов (1863—1956) — один з найталановитіших радянських геологів і географів.

Володимир Опанасович вивчав Сибір і Середню Азію, Крим і Кавказ, Північний Китай і Центральну Азію, Монголію і Джунгарію.

Крім наукових праць, він написав багато науково-популярних книжок, у тому числі і науково-фантастичні романи.

Ще в дитинстві Обручов думав про далекі подорожі та відкриття. Батько Володимира Опанасовича був піхотним офіцером. Сім'я Обручових вела напівкочове життя, бо полк батька часто переїжджав з одного міста в інше. Це заважало хлопчикові вчитись, та все ж, закінчивши середню школу, він блискуче склав конкурсні екзамени одразу в два інститути — технологічний і гірничий.



Володимир Опанасович Обручов.

Обручов вибрав гірничий інститут, де могла здійснитись його мрія про подорожі по недосліджених місцях.

У 1886 р., після закінчення гірничого інституту в Петербурзі, молодий геолог, за рекомендацією свого професора, знаменитого геолога і великого дослідника Середньої Азії І. В. Мушкетова, вирушив у наукову експедицію в Закаспійський край (тепер Туркменська РСР). Там Володимир Опанасович вивчав піски пустині Каракуми і розробив способи закріплення рухомих пісків, які засипали полотно Закаспійської залізниці, яку тоді почали прокладати. Запропоновані ним способи закріплення пісків, зокрема розведення для цього місцевих рослин-піскозакріплювачів, тепер широко застосовуються. Обручов вивчив також сухе річище легендарної річки Узбою і довів, що по Узбою текла до Каспійського моря частина води р. Аму-Дар'ї. Цю точку зору прийнято тепер у науці.

За перші наукові праці молодого мандрівника було нагороджено срібною і золотою медалями Російського географічного товариства.

Прагнучи вивчити геологію малодосліджених окраїн Росії, Володимир Опанасович у 1888 р. виїхав до Іркутська, де став першим і єдиним штатним геологом у Сибіру. У 1889—1892 рр. він дослідив Прибайкалля, долину р. Лени, Ленський золотоносний район. Обручов став найвизначнішим спеціалістом у геології золотоносних областей Сибіру, його праці сприяли розвитку золотопромисловості цього краю.

У 1892 р. Російське географічне товариство запропонувало Володимирові Опанасовичу взяти участь в експедиції знаменитого мандрівника Г. М. Потаніна в незвідані пустині та гори Центральної Азії. Володимир Опанасович дістав самостійний маршрут і за два роки сам, без конвою, пройшов через Монголію, Ордос, Наньшань, Східний Тянь-Шань. Усього він пройшов близько 14 тис. *км*, з них близько 6 тис. *км* — по місцях, де не бував ще жоден європейський мандрівник. Крім маршрутного знімання протяжністю 9430 *км* і збирання багатих колекцій гірських порід та скам'яні-

лостей, результатом цієї експедиції було спростування поглядів німецького геолога Ріхтгофена, який припускав, що в третинному періоді всю Центральну Азію займало море Хан-хай. Обручов довів, що цього моря не було, а третинні відклади пустині Гобі не що інше, як континентальні осади. У них він знайшов рештки скелета вимерлого носорога — давньої сухопутної тварини. Ця знахідка викликала великий інтерес і бажання російських учених організувати спеціальні розшуки решток вимерлих третинних хребетних у пустині Гобі. Але здійснити це вдалося лише радянським ученим у 1946—1949 рр., коли було організовано палеонтологічну експедицію до Монголії (див. стор. 225). Вона підтвердила думку Обручова і зібрала дуже цінні колекції кісток і цілих скелетів вимерлих сухопутних тварин у третинних і давніших відкладах.

В. О. Обручов в експедиції.
(Гравюра А. П. Журова).

Усі праці Володимира Опанасовича в Монголії і Китаї мали величезне практичне значення для розвідувань і добування корисних копалин.

Особливо велику цінність здобули вони, коли утворились Монгольська Народна Республіка і Китайська Народна Республіка.

Після експедиції до Китаю Обручов, як один з найвидатніших дослідників Азії, став відомий на весь світ. Російське географічне товариство нагородило його найвищою своєю нагородою — великою золотою медаллю, яку видавали «за всякий надзвичайний і важливий географічний подвиг, здійснення якого зв'язане з труднощами і небезпеками».

Повернувшись з Китаю, Володимир Опанасович відновив вивчення геології Сибіру. В 1895—1898 рр. він веде дослідження в Забайкаллі, а в 1901 р.— у Ленському золотоносному районі.

Цього ж року Володимир Опанасович починає організовувати першу вищу гірничу школу в Сибіру — гірниче відділення Томського технологічного інституту.

Крім вивчення Сибіру, за ці роки Обручов дослідив і Західний Китай (прикордонну Джунгарію), куди він зробив у 1905, 1906 і 1909 рр. три подорожі. Там він вивчив зовсім недосліджений район між гірськими системами Алтаю та Тянь-Шаню і встановив, до яких з цих двох систем належать тамтешні гірські хребти.

У 1912 р. за протест проти утисків вищої школи урядом міністр освіти звільнив Обручова з Томського технологічного інституту. Ученому довелося покинути улюблений Сибір і переїхати до Москви. Тут він продовжував обробляти свої колекції та матеріали. Звідси Володимир Опанасович їздив в експедиції для досліджування Кавказу, Криму та Алтаю. Особливо плодотворна була подорож на Алтай. В результаті вивчення геології Алтаю Володимир Опанасович висунув цілком нову теорію походження рельєфу сучасного Алтаю, яку тепер прийняли всі вчені.

Велика Жовтнева соціалістична революція застала Обручова в експедиції по Криму.

Фронти громадянської війни відрізали вченого від Москви, але й тут він не припиняв наукової діяльності: організовував наукову роботу і створив геологічний кабінет у Таврійському університеті.

З 1922 р. Обручов знову в Москві. Він цілком віддає себе педагогічній роботі у ново-

організованій Московській гірничій академії (тепер Московський гірничий інститут). Він виховав кілька поколінь молодих радянських геологів і спеціалістів по розвідуванню рудних родовищ. Численні наукові матеріали, зібрані Володимиром Опанасовичем у молоді роки, багатий досвід та знання дали йому можливість почати велику працю, в якій він узагальнив дані, що стосуються геології Сибіру. Він опублікував тритомне видання «Геология Сибири» і багатотомну працю «История геологического исследования Сибири».

Остання його праця — огляд усієї літератури з геології Сибіру з XVII ст. до наших днів. Щоб скласти цю працю, Володимирові Опанасовичу довелося прочитати понад 11 000 книжок, статей та рукописів. Ця праця не має собі рівних у світовій геологічній літературі.

У 1929 р. Обручова було обрано академіком. Незабаром він став на чолі Геологічного інституту Академії наук СРСР. Особливу увагу вченого привертало вивчення вічної мерзлоти.

Володимир Опанасович установив, що вся північна частина Сибіру до шістдесятої паралелі зазнавала зледеніння в четвертинному періоді. З цим зв'язане й велике поширення вічної мерзлоти в цих районах. Вічна мерзлота дуже поширена на земній кулі і займає близько 20—25% суші. У заполярних районах Радянського Союзу не можна провадити будівництво, не знаючи, як «поводить себе» невідтаючий лід під будівельними спорудами. Для вивчення районів вічної мерзлоти з ініціативи В. І. Вернадського та В. О. Обручова було організовано в Академії наук СРСР Комісію для вивчення вічної мерзлоти, а пізніше створено при Академії наук СРСР спеціальний Інститут мерзлотознавства, який тепер названо ім'ям Обручова. Цей інститут має в районах вічної мерзлоти науково-дослідні мерзлотні станції.

Обручов завжди з великою увагою ставився до потреб молоді, що здобуває геологічну освіту у вузах нашої країни. Для неї він написав курс «Рудные месторождения» і «Полевая геология» — кращі посібники для студентів і довідники для молодих геологів. Своїми популярними книжками «Образование гор и рудных месторождений» і «Основы геологии» Володимир Опанасович сприяв поширенню геологічних знань серед робітників, колгоспників, учнів.

Для юнаків і підлітків-школярів Обручов написав захопливі науково-фантастичні і пригодницькі романи «Плутонія», «Земля Санникова», «Золотоискатели в пустыне», «В нетрях Центральної Азії». В них поряд з науковою фантастикою читачі знайдуть справжню життєву правду. Ці книжки закликають молодь опановувати науку, творчо досліджувати величезні простори нашої Батьківщини.

Володимира Опанасовича було нагороджено п'ятьма орденами Леніна, орденом Трудового Червоного Прапора, а також медалями. За працю «Геологія Сибіру», видану в 1926 р. в Берліні німецькою мовою, Обручов був удостоєний Ленінської премії, за тритомне видання «Геология Сибири» і п'ятитомне «История геологического исследования Сибири»— двічі Сталінської премії.

Ім'я В. О. Обручова увічнено на географічній карті. У Тувинській автономній області є хребет Обручова, у верхів'ях р. Вітім — вулкан, у Російському Алтаї один з піків названо його ім'ям, у Монгольському Алтаї є льодовик Обручова і ще на карті Азії можна знайти місця, зв'язані з ім'ям цього видатного геолога, дослідника Землі.

Такий у коротких рисах життєвий шлях академіка Володимира Опанасовича Обручова, Героя Соціалістичної Праці, відомого геологам усього світу вченого і мандрівника, дослідника Азії.

Довідковий відділ

ЯК ЗБИРАТИ КОЛЕКЦІЇ МІНЕРАЛІВ

Одне з найулюбленіших занять молоді — збирати природничонаукові колекції. Одні захоплюються складанням гербарію, другі — збиранням метеликів та жуків, треті — мінералів.

Спробуйте зібрати колекцію мінералів для школи. Добре підібрана колекція може бути дуже корисна: по ній можна вивчати мінерали, їх найважливіші властивості, дізнаватись, на які цінні копалини багатий ваш район. Може, ваші збирання допоможуть виявити родовища корисних мінералів для промисловості.

Дехто вважає, що зібрати цікаву колекцію мінералів можна лише в гірських районах, наприклад, на Уралі, а в рівнинних областях, наприклад, у Московській, Курській, Полтавській, нічого цікавого не знайдеш.

Це не так. Звичайно, у таких багатих на корисні копалини районах країни, як Урал, Алтай, Забайкалля, колекції мінералів будуть дуже різноманітні, але й у будь-якому іншому місці можна знайти немало дуже цікавих мінералів.

Зверніть увагу, наприклад, на кар'єри торфорозробок. Їх дуже багато на Руській рівнині. Нерідко на темно-коричневому фоні торфу видно прошарки мінералів вівіаніту, дуже красивого бірюзового або синьо-зеленого кольору. Він складається із сполуки фосфору, що був у рослинах, з яких утворився торф, і заліза, дуже поширеного в підгрунтових водах у вигляді окислів (іржі). Вівіаніт не тільки красивий, а й корисний мінерал: висушений і розтертий з оліфою, він дає синю фарбу.

Мінерал вівіаніт у черепашці.

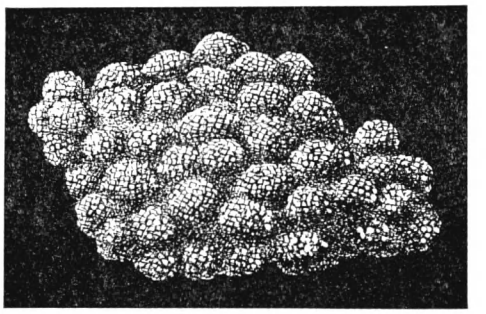
Слід взяти в колекцію і зразок торфу: це теж цікава і цінна корисна

копалина. Відомо немало випадків, коли торфовища, виявлені комсомольцями і піонерами під час походів по рідному краю, негайно починали розробляти.

Багато мінералів можна іноді зібрати і в районах, де поширені вапняки. У пустотах і тріщинах цієї гірської породи можна знайти «щітки» прозорих кристалів кальциту. Іноді трапляються кристали кварцу.

Серед вапняків можна побачити скелети деяких викопних тварин, черепашки, голки морських їжаків, чашечки і стебла морських лілій, що складаються з кальциту. У пустотах серед шарів вапняку часом можна знайти своєрідні «бурульки» — сталактити, утворені кристаликами кальциту, і суцільні, округлої форми жовна — конкреції, що складаються з кремнезему з невеликою домішкою глинистих частинок і бурих окислів заліза. Це всім відомий мінерал — кремінь. Коли розколоти таку кремінну конкрецію, то іноді можна виявити всередині невелику пустоту, заповнену виблискуючими кристаликами гірського кришталю. Недалеко від Москви, поблизу села Русавкіно (Горьковська залізниця), можна знайти конкреції, всередині яких трапляються кристали фіолетового аметисту.

Гірський папір.



Кристали марказиту в глині.

Між шарами вапняку в тріщинах іноді знаходять мінерал, дуже схожий на картон або грубий папір. Він так і називається: «гірський папір», «гірська шкіра». Цей мінерал у воді не тоне, а плаває на поверхні. Якщо гірський папір трапляється в достатній кількості у вигляді великих листів, то його іноді застосовують як вогнетривкий картон у будівництві замість азбесту. За складом це сполуки магнію, алюмінію та кремнезему.

Крім красивих мінералів, що одразу привертають погляд, є багато непомітних, але також потрібних і цікавих.

Ось що писав про складання колекції мінералів відомий радянський учений-мінералог акад. Олександр Євгенович Ферсман.

«Збирання красивих кристалів звичайно дуже заманлива справа, і розшукування красивих каменів нерідко стає своєрідним спортом, що захоплює і водночас вимагає уважності, спостережливості та упертості. Далеко складніше й не таке привабливе збирання некрасивих, часто мулистих чи землистих мінералів на земній поверхні. Простий любитель каменів звичайно проходить повз них і неохоче кладе їх у свою колекцію, тоді як мінералог, як хімік земної кори, неминуче мусить звертати на них особливу увагу».

У нас в СРСР у величезній кількості використовують для різних галузей виробництва багато сортів глин з найрізноманітнішими властивостями.

Для цегляного і фарфорово-фаянсового виробництва йдуть глини вогнетривкі; їх застосовують також у металургії. Деякі сорти глин використовують для очищення нафтових масел і інших речовин, для обезжирювання тканин, вовни, а також як природні фарби. Як же можна минати такі важливі корисні копалини!

Зразки глин, які ви зустрінете, завжди слід брати і повідомляти про свої знахідки через учителя або директора школи краєзнавчий музей.

У глині можуть бути приємні сюрпризи: у деяких випадках трапляються у досить великій кількості кристали мінералу марказиту, дуже схожого своїм металічним блиском і латунно-жовтим кольором на широко відомий мінерал пірит. Особливо цікаві зростки кристалів марказиту у вигляді золотистих кульок-їжачків.

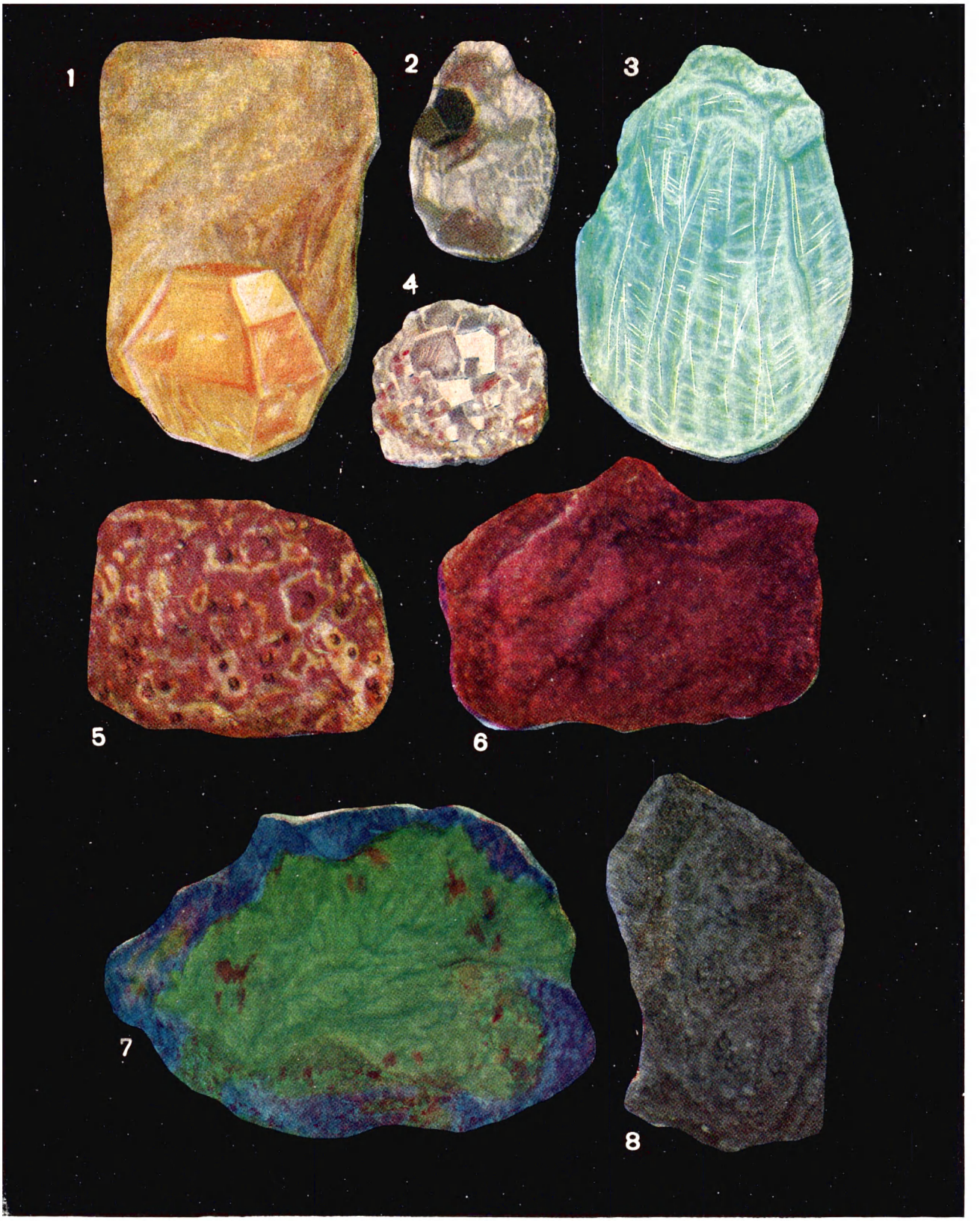
Як бачите, і рівнинні області нашої Батьківщини, де поширені осадові породи (див. стор. 96), також дуже цікаві для мінералога.

У гірських районах, де переважають метаморфічні та магматичні породи (див. стор. 99 і 89), можна зібрати особливо різноманітні і багаті колекції мінералів. В них можуть бути різні рудні мінерали, на зразок піриту, свин-

Мінерали з металічним блиском

1 — радіально-променеві кристали антимоніту — сурм'яного блиску — на бариті; *2* — кристал піриту — сірчаного колчедану; *3* — галеніт (темний) — свинцевий блиск — у кварці; *4* — кристал галеніту в бариті; *5* — натічний гематит — так звана «червона скляна голова»; *6* — кристал залізного блиску; *7* — кусок суцільного гематиту — червоного залізняку; *8* — кристали магнетиту в хлоритовому сланці.

Таблиця 2

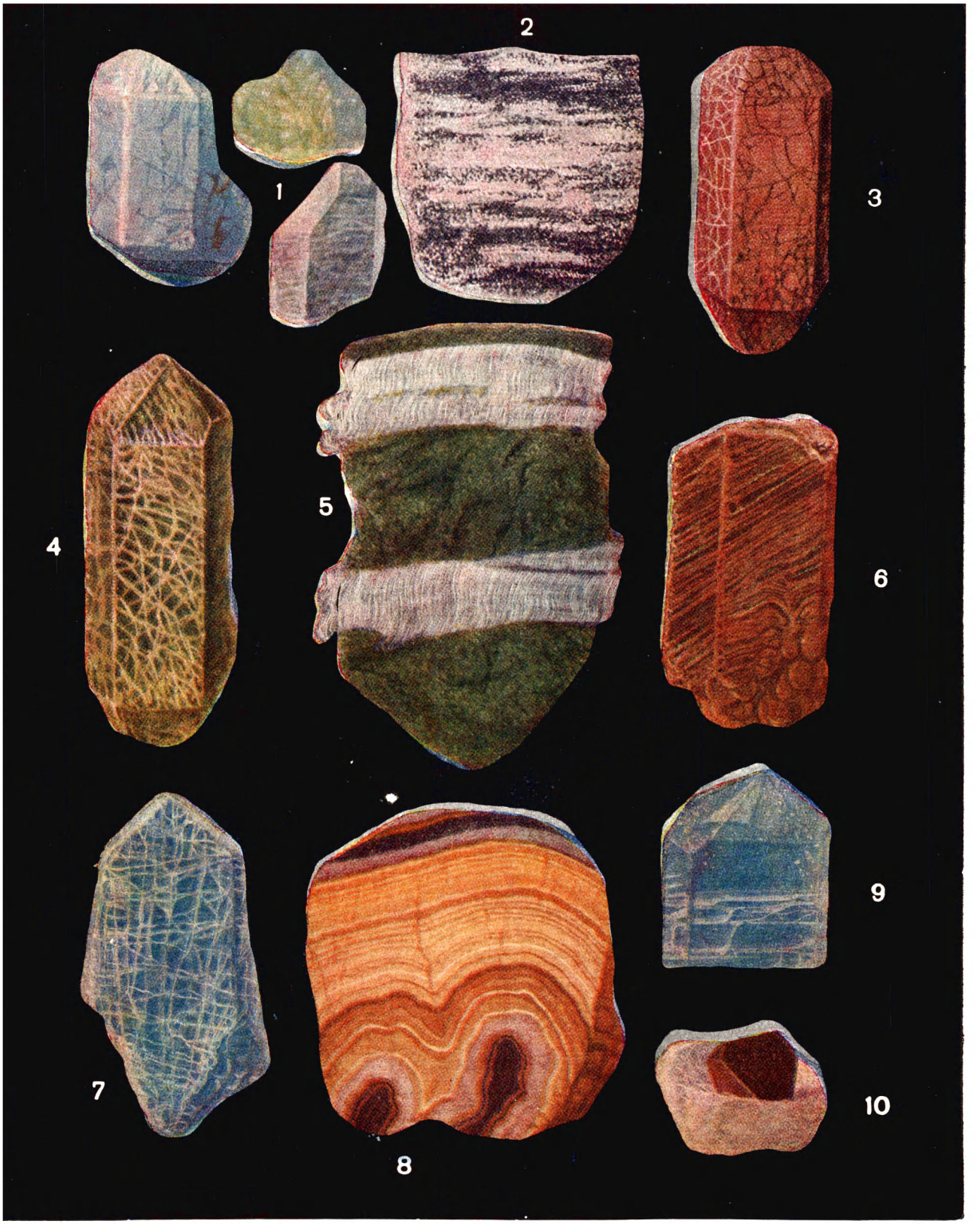


Мінерали з неметалічним блиском

1 — кристал сірки і вкраплення сірки в породі; *2* — кристал біотиту — чорної слюди — в породі; *3* — тальк; *4* — сильвін (білий); *5* — боксит оолітовий; *6* — кіновар; *7* — малахіт (зелений) і азурит (синій); *8* — піролюзит.

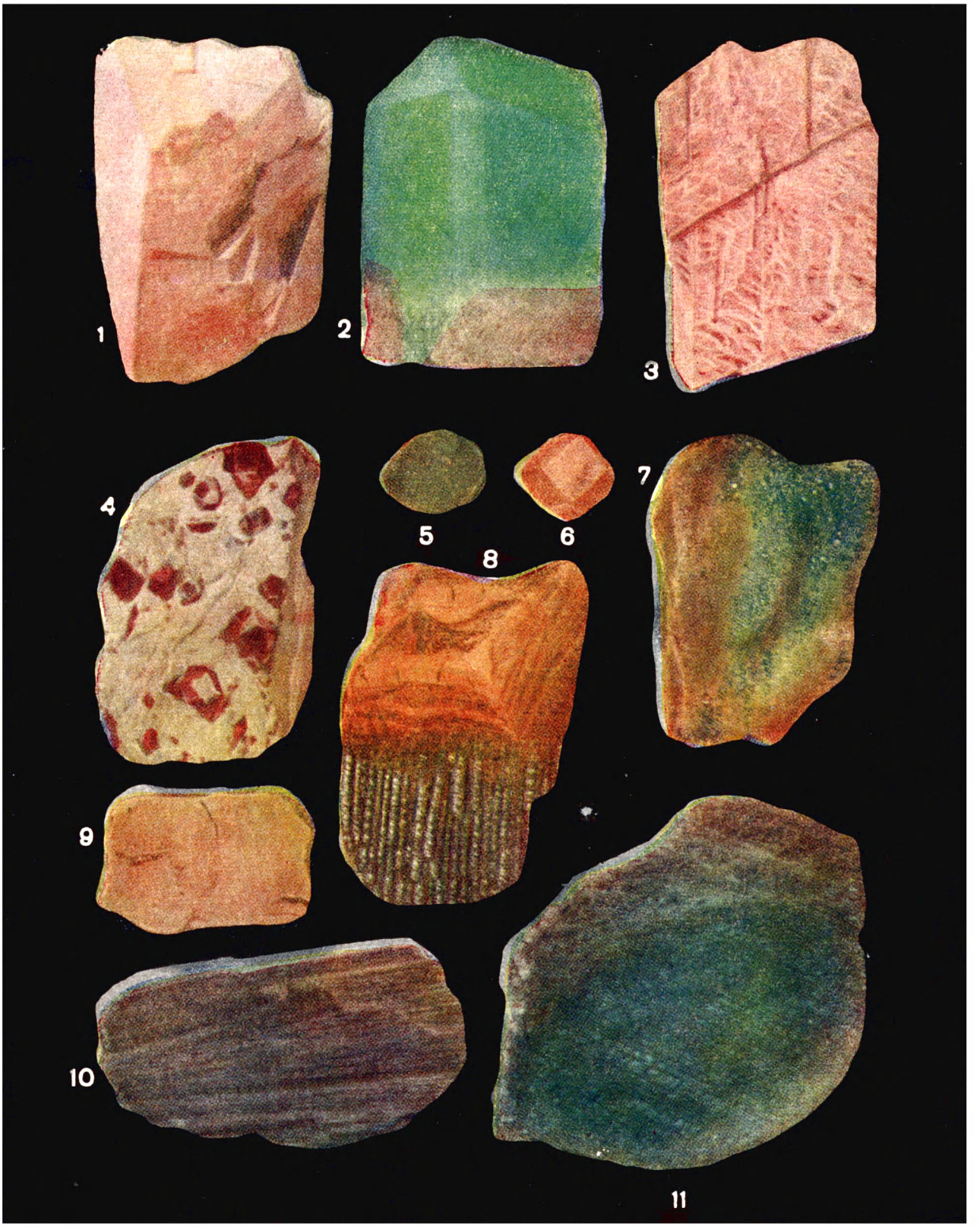
Флюорити та інші мінерали

1 — флюорит — плавиковий шпат; *2* — кристали кальциту — вапнякового шпату; *3, 4, 5, 6, 8, 10, 11* — різновидності флюориту; *7* — ангідрид; *9* — зросток кристалів флюориту.



Апатит та інші мінерали

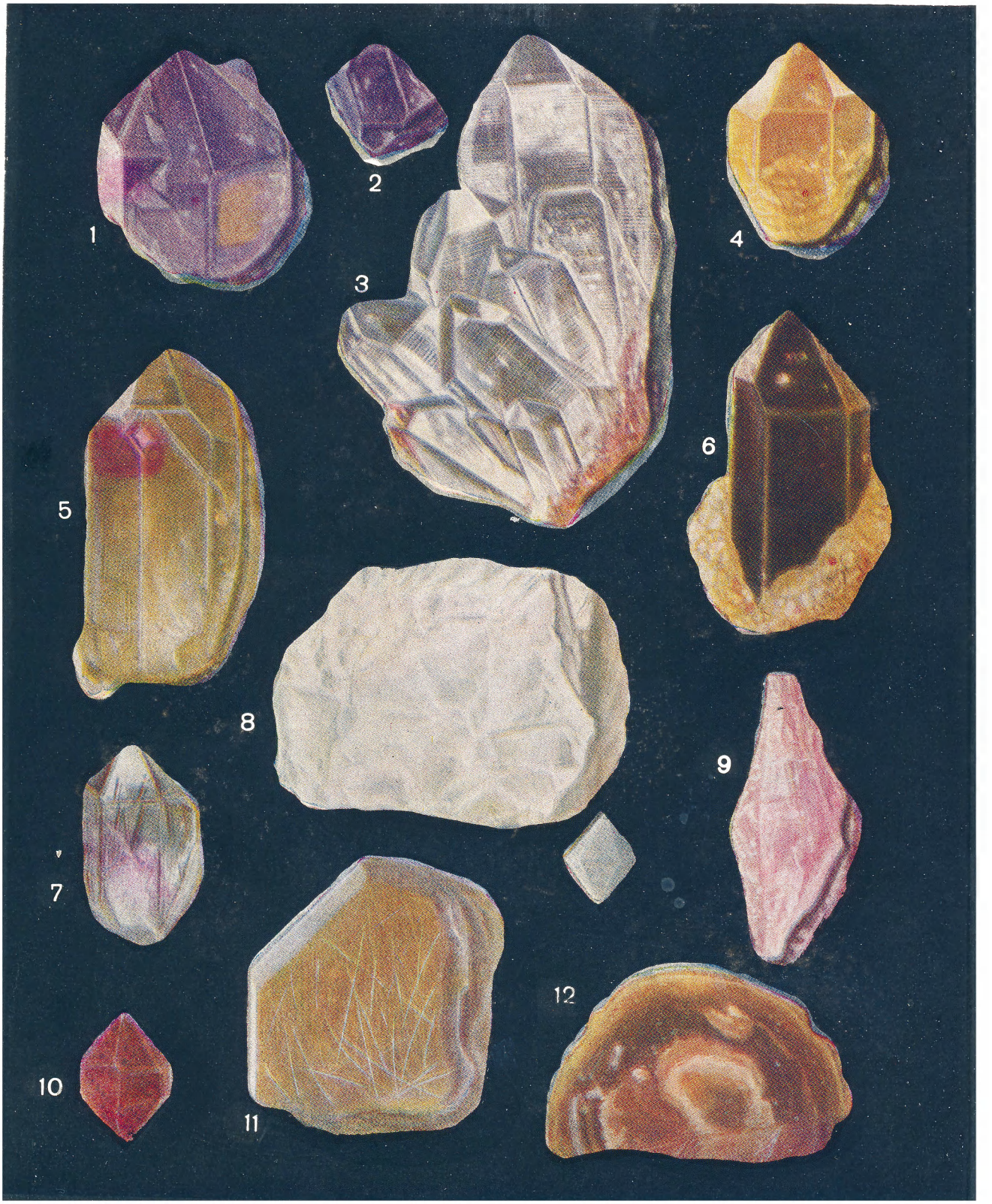
1, 3, 4, 6, 7, 9 — кристали апатиту; *2* — апатит (світлий) з нефеліном (темний); *5* — прожилки азбесту в змійовику; *8* — цинкова обманка — сфалерит — шкаралупчастої будови; *10* — кристал цинкової обманки в породі.



Мінерали

1 — польовий шпат — адуляр; *2* — польовий шпат — амазоніт; *3* — польовий шпат — мікроклин; *4* — кристали гранату в породі; *5* — гранат демантоїд; *6* — гранат гесоніт; *7* — зелені кристалики уваровіту; *8* — натічний сталактитовидний лимоніт; *9* — суцільний лимоніт; *10* — рогова обманка; *11* — іризуючий лабрадор.

Таблиця 6

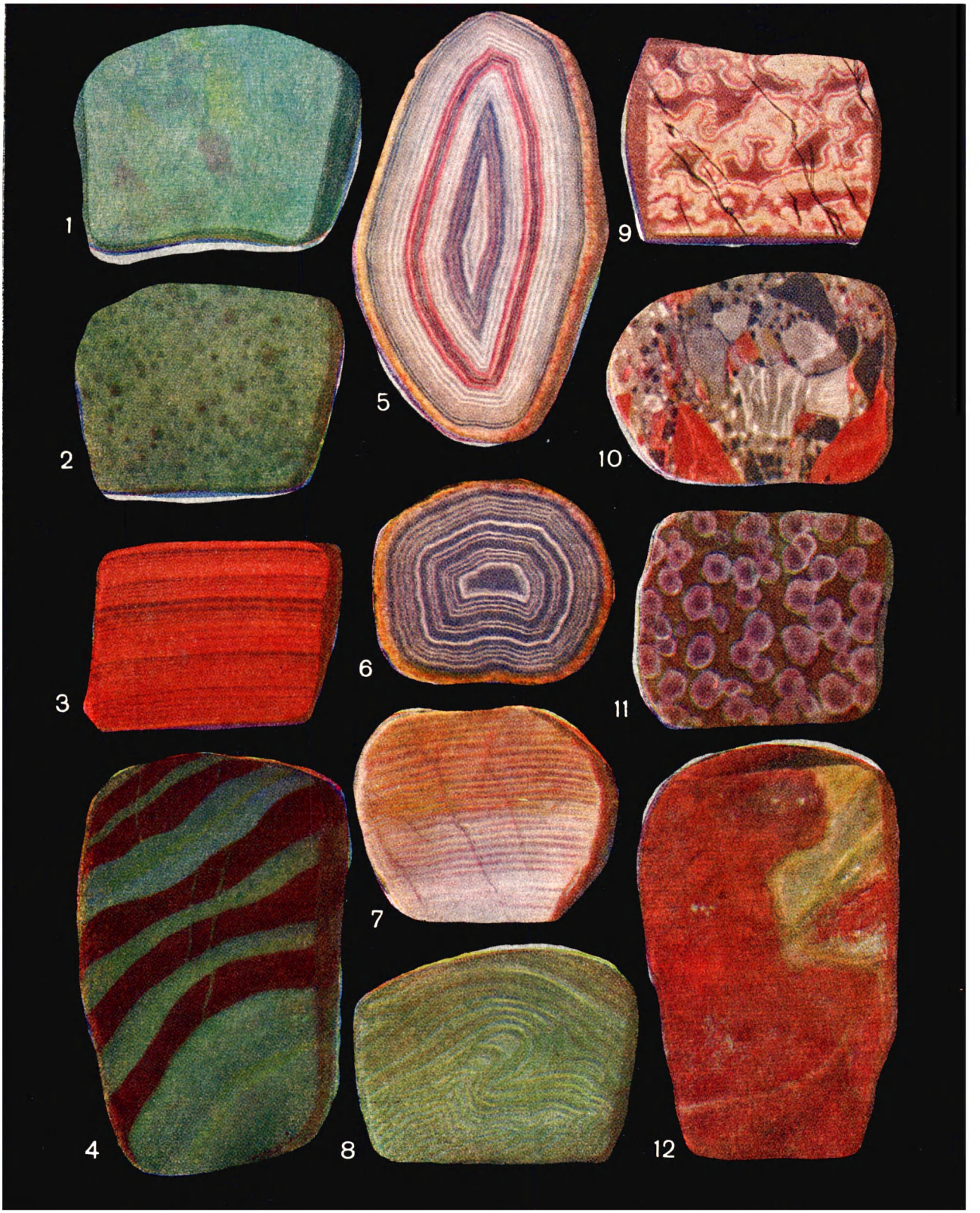


Мінерали

1—2 — аметисти; *3* — друза гірського кришталю; *4* — кристал цитрину; *5* — димчастий кварц; *6* — моріон; *7* — гірський кришталь з вкрапленнями кристалів рутилу; *8* — молочний кварц (аморфний і кристал); *9* — рожевий кварц; *10* — залізний кварц; *11* — кварц з вкрапленнями азбесту — так званий **«волосатик»**; *12* — кремінь з домішкою часток глини, піску та ін.

Халцедони

1 — галька; *2* — натічний гроновидний халцедон; *3* — шаруватий халцедон; *4* — сапфірин; *5* — сердолік; *6* — плазма; *7* — нирковидний халцедон; *8* — сард (сардер); *9* — хризопраз; *10* — халцедон з дендритами окислів марганцю; *11* — геліотроп.



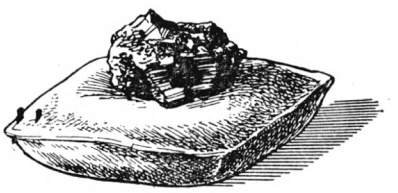
Різні види яшми і агату

1 — яшма одноколірна; *2* — яшма плямиста; *3* — яшма шарувата; *4* — яшма стрічкова; *5* — багатоколірний агат; *6* — одноколірний агат; *7* — яшма хвиляста; *8* — яшма струменяста; *9* — парчова яшма; *10* — брекчійовидна яшма; *11* — копійчаста яшма; *12* — пістрява яшма.

цевого блиску, цинкової обманки, халькопіриту, магнетиту та ін., а також мінерали пегматитових жил: слюди, польові шпати, гірський кришталь, димчастий кварц і багато інших, що утворюються в глибоких надрах Землі, в умовах високих температур і великих тисків.

ЯК СКЛАДАЮТЬ КОЛЕКЦІЮ

Колекції мінералів можуть бути різні. Насамперед слід зібрати систематичну колекцію, в якій різні мінерали будуть підібрані в певному порядку, за класами (див. стор. 87—88). Цю колекцію, де будуть представлені мінерали різних класів, треба підбирати старанно, раз у раз поповнюючи її все новими й новими мінералами й поступово замінюючи менш вдалі зразки наочнішими, якіснішими.



Подушка з піском для обробки зразків.

Така колекція допоможе ознайомитись з різними мінералами і визначити ті, які ви зберете.

Інший характер мають колекції мінералів з будь-якого одного родовища. В них мають бути представлені не тільки мінерали, які вас цікавлять, а й породи, де вони залягають у даному родовищі (наприклад, жили кварцу з сульфідами, піритом, галенітом і іншими мінералами).

Така колекція являє собою ніби модель природного родовища. До колекції слід додати зарисовку або план родовища, позначивши умовними знаками місця, звідки взято той чи інший зразок.

Разом з мінералами для своєї колекції завжди треба брати зайві зразки (дублети) для обміну. Списавшись з юними геологами інших шкіл, ви зможете одержати від них в обмін на ваші мінерали ті, яких немає у вас.

РОЗМІРИ І ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ЗРАЗКІВ ДЛЯ КОЛЕКЦІЇ

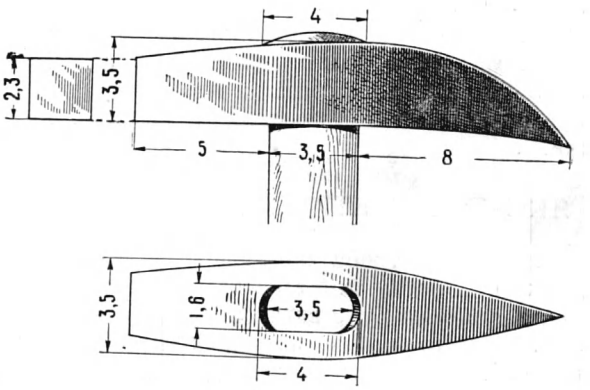
Зразки мінералів у колекціях повинні, по змозі, мати форму паралелепіпеда, приблизно 5 × 7 *см* при 2—3 *см* товщини. Вони мають бути акуратно вибиті із свіжих, невивітрілих кусків породи. Що ж до мінералів, які трапляються, наприклад, у вигляді зростків кристалів, можливі, звичайно, відхилення; важливо лише, щоб зразок мав все-таки акуратний вигляд.

Кожний зразок повинен представляти взятий мінерал якомога наочніше. Зайву породу треба відбити, відпиляти. Роблять це так: мішечок з густої тканини набивають до половини тонким сухим просіяним піском так, щоб вийшла подушка 20 × 30 *см* при товщині 10—15 *см*. Її кладуть на міцний стіл, щільно притискують до неї зразок і відбивають непотрібні частини різкими і точними ударами молотка.

Треба уважно розглянути зразок і заздалегідь намітити все зайве, що треба відбити, і перевірити, чи немає яких-небудь тріщинок, по яких розкол може піти в небажаному напрямі. Після відбивання зразок стане компактнішим, краще виділятимуться головні мінерали. Якщо зразок щільний і мінерали заглиблені в породу, то можна відбити зайві частини точними, різкими, не затяжними ударами молотка, тримаючи зразок лівою рукою на вису. А коли на мінералі є небезпечні тріщинки, краще не рискувати. Якщо порода не дуже тверда, спробуйте непотрібне зняти рашпилем або терпугом. Але, якщо на зразку є нарослі кристали, будьте обережні: під час удару вони можуть відскочити. Відбивайте зразок, притиснувши до подушки.

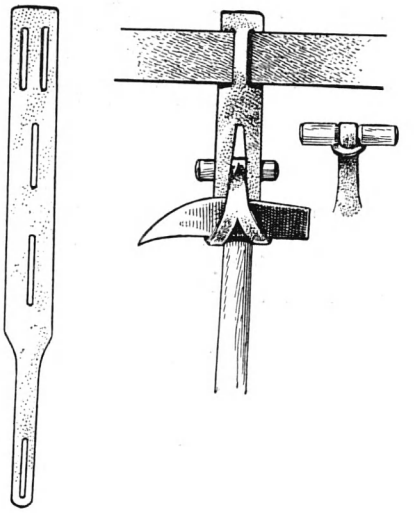
Якщо удар буде ковзний, то замість чіткого сколу на мінералі залишиться некрасивий білий слід, який можна знищити тільки новим сколом.

Відбивати можна будь-яким молотком, але далеко зручніше працювати спеціальними геологічними, з міцної сталі. В усякому разі



Розміри геологічного молотка (у сантиметрах).

молоток повинен мати квадратний бойок. Зразок відбивають ребром бійка. Довжина ручки молотка при роботі в шахті та з кристалічними породами не повинна перевищувати 20 *см*; а для пухких порід рекомендується молоток з ручкою завдовжки 40—50 *см*. Тримати ручку треба за кінець, інакше удар буде неправильним і молотком можна пошкодити пальці лівої руки. Для відбивання часто застосовують також і звичайні слюсарні зубила з лезами завширшки від 2—3 *мм* до 2 *см*. Останніми звичайно користуються, обробляючи найкрихкіші мінерали.



Як прикріплювати геологічний молоток до пояса.

Крім молотка і зубила, треба, шукаючи мінерали для складання колекції, мати при собі: 1) лупу, 2) фарфорову неполив'яну пластинку («бісквіт»), 3) 10-процентний розчин соляної кислоти в склянці з притертою пробкою, 4) обгортковий папір, 5) кілька десятків пронумерованих мішечків з густої тканини, 6) лейкопластир і т. д.

Якщо зразок (його називають штуфом) являє собою уламок кальцитової жили, де є мінерали, то можна спробувати виділити їх, розчинивши кальцит у соляній кислоті. Візьміть потрібних розмірів фарфорову або скляну посудину, налийте туди соляної кислоти, розбавленої однаковим об'ємом води, і опустіть в неї ваш штуф. Кальцит розчиниться, і кристали розташованих у ньому мінералів оголяться. Слід цілком відокремити 3—4 кристали, а потім занурити зразок у кислоту так, щоб кристали тільки частково оголились; тоді ви не тільки матимете добрі зразки кристалів, а й можна буде бачити на зразку, як вони лежали в кальцитовій жилі.

ЯК ПИСАТИ ЕТИКЕТКИ

Етикетки треба писати в двох екземплярах зразу ж після того, як буде взято зразок, найкраще в записній книжці. Маючи копію, завжди можна відновити етикетку, якщо вона випадково порветься або загубиться. Угорі в куточку етикетки пишуть номер, у першому рядку великим шрифтом — гадану назву мінералу, нижче, дрібнішим шрифтом,— місце, звідки взято зразок, назву родовища, його місцезнаходження, унизу — прізвище того, хто брав зразок, і дату. Правильно визначити мінерал вам допоможуть наші визначник мінералів і визначник гірських порід (див. стор. 283 і 290).

№.....

Назва .....

.....

Місце взяття зразка .....

.....

196 р. Прізвище .....

Зразок етикетки.

УКЛАДАННЯ ЗРАЗКІВ

Якщо зібрані на екскурсії зразки доведеться перевозити на велику віддаль, то їх треба добре загорнути і укласти. Упаковувати слід так: у куточок паперу загортають складену етикетку, а потім у цей самий аркуш — зразок, а кінець аркуша загинають так, як це роблять у магазинах, видаючи покупцям невеликі пакунки. Великі зразки слід перев'язувати шпагатом.

Якщо у вас немає паперу, маркіруйте ваші зразки, тобто нанесіть на них де-небудь збоку білу або світлу емалеву фарбу у вигляді невеликої площадки. Коли фарба висохне, креслярським пірцем нанесіть відповідний номер по вашій етикетній книжці. Тепер можете спокійно укладати зразки без паперу в січену солому (саман), полову, дрібні хвойні гілочки. Стежте тільки, щоб зразки не стикались. Укладати треба якомога щільніше, інакше в дорозі зразки тертимуться один об один.

РОЗМІЩЕННЯ КОЛЕКЦІЙ

Для розміщення колекцій можна пристосувати звичайну канцелярську шафу. На кожній полиці зробіть по три трохи нахилені вперед східці-полички, які спираються на два бокові стояки, випиляні з дошки завтовшки 1,5—2 *см*. Тоді всі зразки лежатимуть похило і «дивитимуться на вас». Прибийте в нижній частині поличок вузенькі рейки, щоб зразки не скочувались.

Кожен зразок матиме незрівнянно ефектніший вигляд, якщо лежатиме на підставці. Її можна зробити з дощечки 15—16 *мм* завтовшки із скошеним переднім краєм. Дощечку підбирають за розміром зразка. На скошений її край кладуть етикетку і прикривають відповідного розміру целофаном. Щоб целофан не зслизав, його закріплюють клеєм або двома маленькими, по змозі непомітними, цвяшками або шпильками, в яких головки відрізують гострозубцями.

Підставочка і зразок мінералу.

Перед укладанням мінералів на полиці їх слід почистити. Міцні мінерали можна мити в теплуватій воді, користуючись щіткою, а крихкіші миють дуже обережно, обмежуючись тільки багаторазовим опусканням у теплувату воду.

Вимиті мінерали кладуть на похилі дошки, щоб з них скоріше стекла вода.

Якщо ви уважно шукали мінерали, старанно обробляли зібрані зразки і правильно визначили їх, ваша колекція буде добрим посібником при вивченні мінералів. Покажіть її при першій нагоді спеціалістові геологу або мінералогу. Він допоможе вам визначити невідомі мінерали, перевірити правильність ваших етикеток. Якщо в колекції будуть цікаві мінерали, важливі для науки та промисловості, вона дасть ще більшу користь.

ЯК УСТАНОВИТИ, ЯКИЙ ЦЕ МІНЕРАЛ

Мінерали відзначаються певним хімічним складом і зовнішніми фізичними ознаками. До них належать: блиск, твердість, колір, характер злому. Визначити мінерал по зовнішніх ознаках — справа неважка, але вимагає уваги та акуратності.

Визначення хімічного складу мінералу — складніше завдання. У нашому визначнику наводяться формули лише тих мінералів, які мають простий хімічний склад.

Прочитавши цей розділ, ви ознайомитесь із способами визначення найбільш поширених мінералів.

Кольорові таблиці для визначення допоможуть встановити назву мінералу, який потрапив до ваших рук.

Визначаючи мінерали на підставі зовнішнього вигляду, треба спершу звернути увагу на спільні для всіх мінералів ознаки, а потім вже розглядати властиві кожному з них особливості.

Насамперед зверніть увагу на блиск мінералу.

Більшість мінералів, відбиваючи своїми поверхнями промені світла, блищить, і лише деякі з них — матові — не мають блиску.

За блиском мінерали легко поділити на дві групи: мінерали з *металічним блиском* і мінерали з *неметалічним блиском*.

Блиск металічний

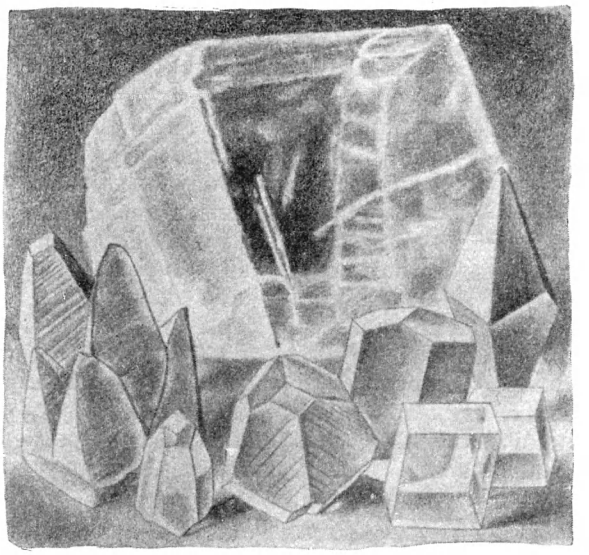
1. *Металічний блиск* нагадує блиск поверхні свіжого злому металів. Металічний блиск краще видно на свіжій (неокисленій) поверхні металу. Мінерали, що мають металічний блиск, непрозорі і важчі порівняно з мінералами, які мають неметалічний блиск. Іноді внаслідок процесів окислення мінерали, що відзначаються металічним блиском, вкриваються матовою кіркою.

Металічний блиск характерний для мінералів, які є рудами різних металів. Прикладами мінералів з металічним блиском можуть бути золото, мідний колчедан, свинцевий блиск.

2. *Металовидний блиск* — тьмяніший, як у потемнілих від часу металів. Приклад: магнітний залізняк.

Блиск неметалічний

1. *Скляний блиск* нагадує блиск поверхні скла. Його мають: кам'яна сіль, гірський кришталь.



Кристали кальциту.

2. *Алмазний блиск* — іскристий, нагадує скляний, але сильніший. Приклади: алмаз, цинкова обманка.

3. *Перламутровий блиск* нагадує блиск перламутру (поверхня мінералу міниться райдужними кольорами). Часто спостерігається, наприклад, у кальциту, слюди.

4. *Шовковистий блиск* — мигтючий. Характерний тільки для мінералів з волокнистою або голчастою будовою. Приклад: азбест.

5. *Жирний блиск* має ту особливість, що поверхня мінералу здається ніби змащеною жиром. Іноді і сам мінерал жирний на дотик, як, наприклад, тальк.

6. *Восковий блиск* подібний до жирного, але слабший. Приклад: халцедон.

Матові мінерали не мають блиску і нагадують землисті маси. Приклад: боксит.

Блиск найкраще спостерігати на свіжому зломі мінералу або на свіжій поверхні граней його кристалів. Після того як ви встановите характер блиску, треба визначити твердість мінералу.

Твердість мінералів

Твердість мінералу — це той опір, який він чинить, коли ви дряпаєте його якимнебудь іншим предметом або мінералом. Якщо випробовуваний мінерал м'якший, ніж той, яким ви дряпаєте по його поверхні, то на ньому залишиться слід — подряпина.

Учені склали таку шкалу твердості мінералів:

Назва мінералу	Твердість
тальк	1
гіпс	2
кальцит	3
флюорит	4
апатит	5
польовий шпат	6
кварц	7
топаз	8
корунд	9
алмаз	10

Величезна більшість мінералів, поширених у земній корі, має твердість, що не перевищує 7. Тільки небагато з них має більшу твердість.

Розпізнавати твердість мінералів можна за допомогою нігтя і осколка звичайного скла.

Залежно від твердості всі мінерали поділяють на три групи:

1. *М'які мінерали* (ніготь залишає подряпину на мінералі). Приклади: тальк, графіт, гіпс.

2. *Мінерали середньої твердості* (ніготь не лишає подряпини на мінералі; мінерал не лишає подряпини на склі). Приклади: кристалічний кальцит, мідний колчедан, або халькопірит.

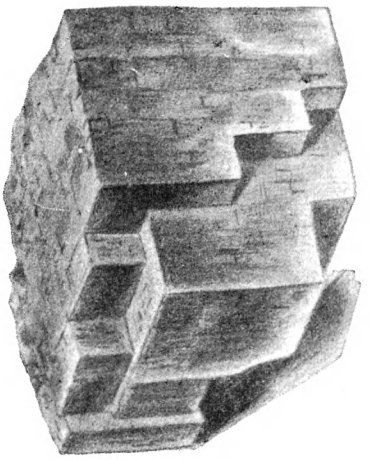
3. *Тверді мінерали* (мінерал залишає подряпину на склі). Приклади: кварц, польові шпати.

Після випробовування треба стерти порошок, тобто подрібнені частинки мінералу, з його поверхні і упевнитись, що на мінералі справді залишився слід, бо порошок міг утворитись з того матеріалу, яким дряпали.

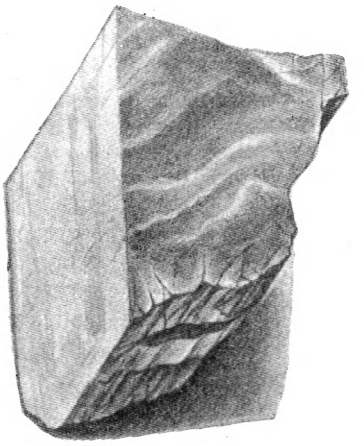
Колір риски (або, іншими словами, колір порошку) у деяких мінералів не відрізняється від кольору самого мінералу; але є й такі мінерали, колір порошку яких різко відмінний від їх кольору. Наприклад, кальцит буває безбарвний, білий, жовтий, зелений, блакитний, синій, фіолетовий, бурий, чорний; а порошок у кальциту завжди білий.

Для одержання порошку мінералу (тобто риски) застосовують шершаву, не вкриту поливою фарфорову пластинку — так званий бісквіт. Замінити бісквіт можна черепком неполив'яного фарфору або осколком фаянсової посудини, спершу знявши з нього наждачним папером або терпугом гладенький шар поливи.

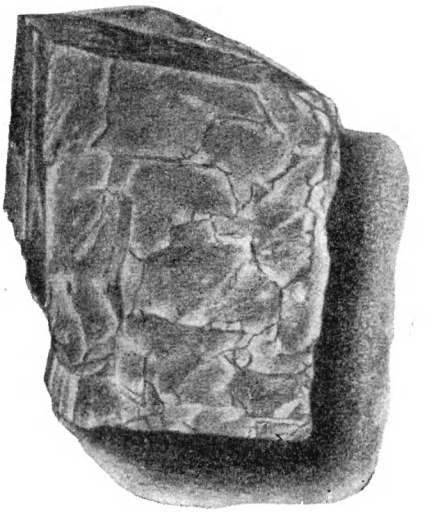
Якщо провести мінералом по поверхні бісквіту або по шершавому злому фарфорового осколка, мінерал залишить риску.



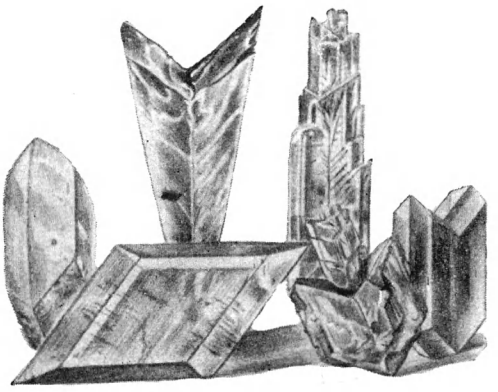
Спайність досконала в трьох напрямах у галеніту.



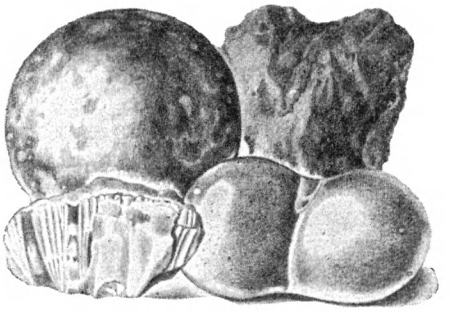
Спайність у двох напрямах у польового шпату.



Графіт.

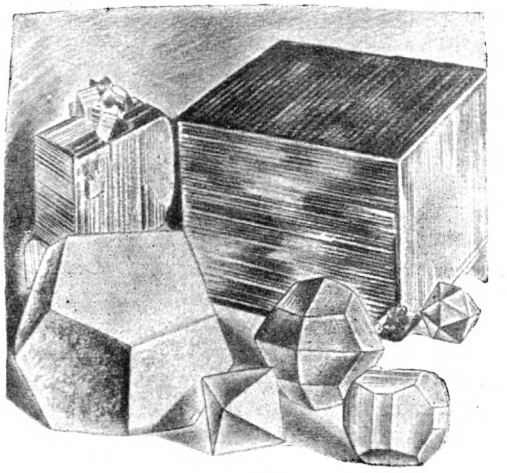


Кристали гіпсу.



Фосфорити.

Мусковіт.



Пірит.

Усі м'які і середньої твердості мінерали, за невеликим винятком, дають риску; більшість твердих мінералів риски не дає.

Якщо під рукою немає фарфорової пластинки, можна, поскрібши мінерал ножем, дістати тонкий порошок. Для визначення кольору риски цей порошок слід розтерти на білому папері.

Колір є сталою ознакою для небагатьох мінералів. Так, наприклад, малахіт — завжди зелений, золото — золотисто-жовте і т. д. Для більшості мінералів ця ознака нестала. Для визначення кольору мінералу треба мати свіжий злом.

Зломи мінералів також можуть бути різні. Так, наприклад, кремінь має *раковистий* злом, свинцевий блиск — *східчастий* злом, багато мінералів мають *землистий*, *скабистий* і інші зломи.

Вигляд злому залежить від фізичних властивостей мінералу, його кристалічної будови та твердості.

Для деяких мінералів характерна спайність, тобто здатність розколюватись чи розщеплюватись в певних напрямах. При цьому утворюються гладенькі, блискучі площини розколу. Наприклад, слюди характеризуються яскраво виявленою спайністю. Вони можуть легко ділитись на тонкі і гладенькі листочки в одному напрямі. Добре помітною спайністю в трьох напрямах відзначається кам'яна сіль: якщо розколоти уламок кристалу кам'яної солі, то всі осколки матимуть правильну форму куба.

Питома вага не є важливою ознакою для більшості мінералів, але для мінералів, до складу яких входять такі важкі елементи, як, наприклад, свинець, питома вага має велике значення при визначенні.

Класифікація мінералів за зовнішніми ознаками не потребує визначення питомої ваги з великою точністю. Досить поділити мінерали на дві основні групи: *легкі* і *важкі*.

Для деяких мінералів відмітною ознакою є магнітність. Мінерали, де є залізо, іноді мають магнітність, наприклад, магнітний залізняк. Магнітність в інших мінералів, що містять залізо, проявляється після прожарювання.

Для визначення магнітності мінералів використовують магнітну стрілку, почеплену на тонке вістря, а в польових умовах роботи — стрілку компаса. Мінерали з магнітними властивостями, коли їх підносити до магнітної стрілки, притягують її до себе.

Деякі мінерали, що мають у своєму складі вуглекислоту, під дією соляної кислоти (10-процентний розчин) виділяють у вигляді бульбашок вуглекислий газ — як кажуть, мінерал «скипає». Сюди належать: кальцит, малахіт і гірські породи — крейда, вапняк.

Є мінерали, які можна розпізнати на смак, наприклад, кам'яна сіль, калійні солі (сильвін, карналіт) та ін.

Приступаючи до вивчення невідомого мінералу, використайте насамперед першу частину нашого визначника, тобто «Ключ до визначника мінералів».

По ключу насамперед ви повинні встановити, який блиск має ваш мінерал — металічний чи неметалічний. Установивши це, ви послідовно визначаєте твердість мінералу, колір риски і т. д. Добуті дані про мінерал кінець кінцем приведуть вас до певних сторінок другої частини визначника, де описано різні мінерали. У «Ключі до визначника мінералів» ці сторінки зазначаються.

Якщо виникне потреба дослідити мінерал на горіння чи плавкість, слід відколоти від нього маленький кусочок, затиснути його кінчиками пінцета і ввести в полум'я свічки, спиртівки або газового пальника. Деякі мінерали, як, наприклад, янтар, загоряються навіть у полум'ї сірника.

КЛЮЧ ДО ВИЗНАЧНИКА МІНЕРАЛІВ

I. БЛИСК МЕТАЛІЧНИЙ

1. Ніготь залишає подряпину на мінералі, стор. 287, *а*, *б*.

2. Ніготь не залишає подряпини на мінералі; мінерал не залишає подряпини на склі:

Риска жовта, бура, червона, стор. 287, *в*, *г*.

Риска сіра до чорної, стор. 287, *д*, *е*.

3. Мінерал залишає подряпину на склі:

Колір жовтий, стор. 287, *є*.

Колір темно-сірий, чорний, стор. 287, *ж*, *з*, *и*.

II. БЛИСК НЕМЕТАЛІЧНИЙ

1. Ніготь залишає подряпину на мінералі:

Горить або легко плавиться, стор. 287, *а*, *б*, *в*, *г*, *д* і 288, *е*.

Не горить:

Риска біла або риски не дає:

Має смак, стор. 288, *є*, *ж*, *з*.

Смаку не має, стор. 288, *и*, *і*, *ї*, *й*, *к*, *л*.

Риска жовта, оранжова, бура, червона, стор. 288, *м*, *н*.

Риска зелена, стор. 288, *о*.

Риска голуба, синя, стор. 288, *п*.

Риска сіра до чорної, стор. 288, *р*, *с*.

2. Ніготь не залишає подряпини на мінералі; мінерал не залишає подряпини на склі:

Горить або легко плавиться, стор. 288, *а*, *б*, *в*, *г*.

Не горить:

Риска біла або риски не дає:

Має смак, стор. 288, *д*, *е*, *є*.

Смаку не має, стор. 288, *ж*, *з* і 289, *и* *і*, *ї*, *й*, *к*, *л*.

Риска жовта, бура, червона, стор. 289, *м*, *н*, *о*, *п*, *р*.

Риска зелена, стор. 289, *с*.

Риска голуба, фіолетова, стор. 289, *т*, *у*.

Риска сіра до чорної, стор. 289, *ф*, *х*.

3. Мінерал залишає подряпину на склі:

Безколірний, колір білий, сіруватий, стор. 289, *а*, *б*, *в*.

Колір жовтий, бурий, рожевий, червоний, стор. 289, *г* і 290, *д*, *е*, *є*, *ж*, *з*, *и*.

Колір темно-зелений, стор. 290, *і*.

Колір голубувато-сірий, фіолетовий, стор. 290, *ї*, *й*.

Колір темно-сірий, чорний, стор. 290, *к*, *л*, *м*, *н*, *о*.

Забарвлення мінералу строкате, багатоколірне, стор. 290, *п*, *р*.

ВИЗНАЧНИК МІНЕРАЛІВ

І. БЛИСК МЕТАЛІЧНИЙ

1. Ніготь залишає подряпину на мінералі.

а) Графіт (C). Колір стально-сірий, залізно-чорний. Розтирається пальцями в чорний пил.

б) Сурм'яний блиск, або *антимоніт* (Sb_2S_3). Колір свинцево-сірий, стально-сірий; іноді спостерігається наліт синюватого або чорного кольору. Має вигляд суцільної маси голчастої або призматичної будови, а також подовжених кристалів. Тонкий осколочок плавиться в полум'ї свічки. Ножем легко стирається в порошок. Супутником сурм'яного блиску є *кіновар* (червоного кольору); вона часто трапляється в цьому мінералі у вигляді вкраплеників.

2. Ніготь не залишає подряпини на мінералі; мінерал не залишає подряпини на склі.

Риска жовта, бура, червона:

в) Золото самородне (Au). Колір золотисто-жовтий. Риска золотисто-жовта, металічно блискуча. Важке.

г) Бурий залізняк, або *лимоніт* ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$). Колір чорний, місцями іржаво-бурий, вохряно-жовтий. Риска іржаво-бура, вохряно-жовта.

Риска сіра до чорної:

д) Свинцевий блиск, або *галеніт* (PbS). Колір свинцево-сірий. Важкий. При ударі розпадається на дрібні кубики і виявляє характерний східчастий злом. Супутники: *цинкова обманка* (бурого кольору), *сірчаний колчедан* (світлий, латунно-жовтий), *мідний колчедан* (латунно-жовтого кольору).

е) Мідний колчедан, або *халькопірит* ($CuFeS_2$). Колір латунно-жовтий, золотистий, яскравіший, ніж у сірчаного колчедану.

3. Мінерал залишає подряпину на склі.

Колір жовтий:

є) Сірчаний колчедан, залізний колчедан, або *пірит* (FeS_2). Колір світлий, латунно-жовтий. Риска чорна з трохи помітним зеленуватим відтінком. Трапляється у вигляді суцільних зернистих мас, вкраплень або окремих кристалів.

Колір темно-сірий, чорний:

ж) Бурий залізняк, або *лимоніт*[1] ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$). Колір чорний, місцями іржаво-бурий, вохряно-жовтий. Риска іржаво-бура, вохряно-жовта.

з) Червоний залізняк, або *гематит* (Fe_2O_3). Колір залізно-чорний. Риска вишнево-червона (кольору стиглої вишні).

и) Магнітний залізняк, або *магнетит* (Fe_3O_4). Колір залізно-чорний, темно-сірий. Риска чорна. Магнітний.

ІІ. БЛИСК НЕМЕТАЛІЧНИЙ

1. Ніготь залишає подряпину на мінералі.

Горить або легко плавиться:

а) Сірка самородна (S). Колір світло-жовтий, зеленуватий, бурий, сірий, чорний. Загоряється від сірника і горить блакитним полум'ям, виділяючи різкий задушливий запах.

б) Янтар. Колір медово-жовтий, бурий, червоно-бурий, чорний, білий. Загоряється від сірника і горить, виділяючи приємний гвоздиковий запах.

в) Торф. Матовий. Колір бурий, жовтий. Складається із змінених рослинних решток. Дуже легкий. Сухим загоряється від сірника.

г) Буре вугілля. Матове. Колір бурий, чорний. Риска бура. Суцільна щільна або землиста маса.

д) Кам'яне вугілля. Колір темно-коричневий до чорного. Риска темно-бура.

---

[1] Деякі мінерали, наприклад, бурий залізняк, сірка, кам'яне вугілля та ін., відзначаються змінними твердостями, а тому вони кілька разів повторюються у визначнику, потрапляючи до різних груп.

е) Антрацит. Колір чорний. Риска чорна. Блискучий. Крихкий.

Не горить:

Риска біла або риски не дає.

Має смак:

є) Сильвін (KCl). Колір молочно-білий, блідо-рожевий. Смак гіркувато-солоний. Легко розколюється по гранях куба.

ж) Мірабіліт, або *глауберова сіль* ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$). Безколірний або білого кольору. Смак гірко-солоний, холодить. На повітрі втрачає воду і вкривається нальотом білого порошку, що легко розсипається.

з) Карналіт ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$). Колір червоний, жовтуватий, рідше білий або безколірний. Смак гіркий. Легко розчиняється у воді і навіть під дією вологи, що є в повітрі, може перетворюватися в рідину. Зважаючи на це, карналіт треба зберігати в добре закупорених посудинах. Злом нерівний.

Усі ці три мінерали зрідка трапляються у вигляді окремих кристалів, а частіше утворюють зернисті щільні маси.

Смаку не має:

и) Біла глина, або *каолініт.* Колір білий. З водою утворює пластичну масу. Якщо подихати на неї, чути запах глини.

і) Крейда. Колір білий. Скипає, коли подіяти розбавленою соляною кислотою.

ї) Тальк. Жирний на дотик. Колір зеленувато-білий, світло-зелений, зеленувато-сірий, жовтувато-білий, білий.

й) Гіпс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Безколірний, білий, сіруватий, жовтуватий, блідо-рожевий, червоний. Безбарвний гіпс прозорий, інші види гіпсу просвічують або непрозорі. Трапляється у вигляді суцільної зернистої щільної або товстолистуватої маси. Іноді гіпс становить скупчення тонких голчастих, розташованих паралельно один одному кристаликів, також і у вигляді великих прозорих кристалів.

к) Біла слюда, або *мусковіт.* Безколірна, біла. Листувата. Кінчиком складаного ножа від куска слюди можна легко відокремити гнучкі пружні листочки.

л) Чорна слюда, або *біотит.* Колір чорний. Листувата. Листочки легко відокремлюються кінчиком складаного ножа.

Риска жовта, оранжева, бура, червона:

м) Боксит ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$). Матовий. Колір цегляно-червоний, буро-червоний, жовтувато-білий. Риска відповідає кольору. На вигляд землистий, глиноподібний.

н) Кіновар (HgS). Колір яскраво-червоний, темно-червоний. Риска кров'яно-червона. Супутник — *сурм'яний блиск* (свинцево-сірого, стально-сірого кольору).

Риска зелена:

о) Мідна зелень, або *малахіт* [$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]. Колір зелений. Скипає, коли подіяти розбавленою соляною кислотою.

Риска голуба, синя:

п) Мідна синь, або *азурит* [$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]. Колір синій. Скипає, коли подіяти розбавленою соляною кислотою.

Риска сіра до чорної.

р) Графіт (C). Жирний на дотик. Колір чорний. Суцільна щільна або луската маса.

с) Піролюзит (MnO_2). Матовий. Колір чорний, темний, стально-сірий. Трапляється у вигляді суцільної землистої маси, іноді складається із зцементованих дрібних кульок.

2. Ніготь не залишає подряпини на мінералі; мінерал не залишає подряпини на склі.

Горить або легко плавиться:

а) Сірка самородна (S). Колір світло-жовтий, зеленуватий, бурий, чорний, сірий. Загоряється від сірника і горить синім полум'ям, виділяючи різкий, задушливий запах.

б) Янтар. Колір медово-жовтий, бурий, червоно-бурий, чорний, білий. Загоряється від сірника і горить, виділяючи приємний гвоздиковий запах.

в) Кам'яне вугілля. Колір темно-бурий, чорний. Риска темно-бура.

г) Антрацит. Колір чорний. Риска чорна. Блискучий. Крихкий.

Не горить:

Риска біла або риски не дає.

Має смак:

д) Кам'яна сіль, кухонна сіль (NaCl). Безколірна, біла, сірувата, синя, червона. Смак солоний. Має добре помітну спайність, легко розколюється в трьох напрямах.

е) Сильвін (KCl). Колір молочно-білий. Смак гіркувато-солоний. Легко розколюється в трьох напрямах.

є) Карналіт ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$). Колір червоний, жовтуватий, рідше білий або безколірний. Смак гіркий. Під дією вологи, що є у повітрі, може перетворюватися в рідину. Злом нерівний.

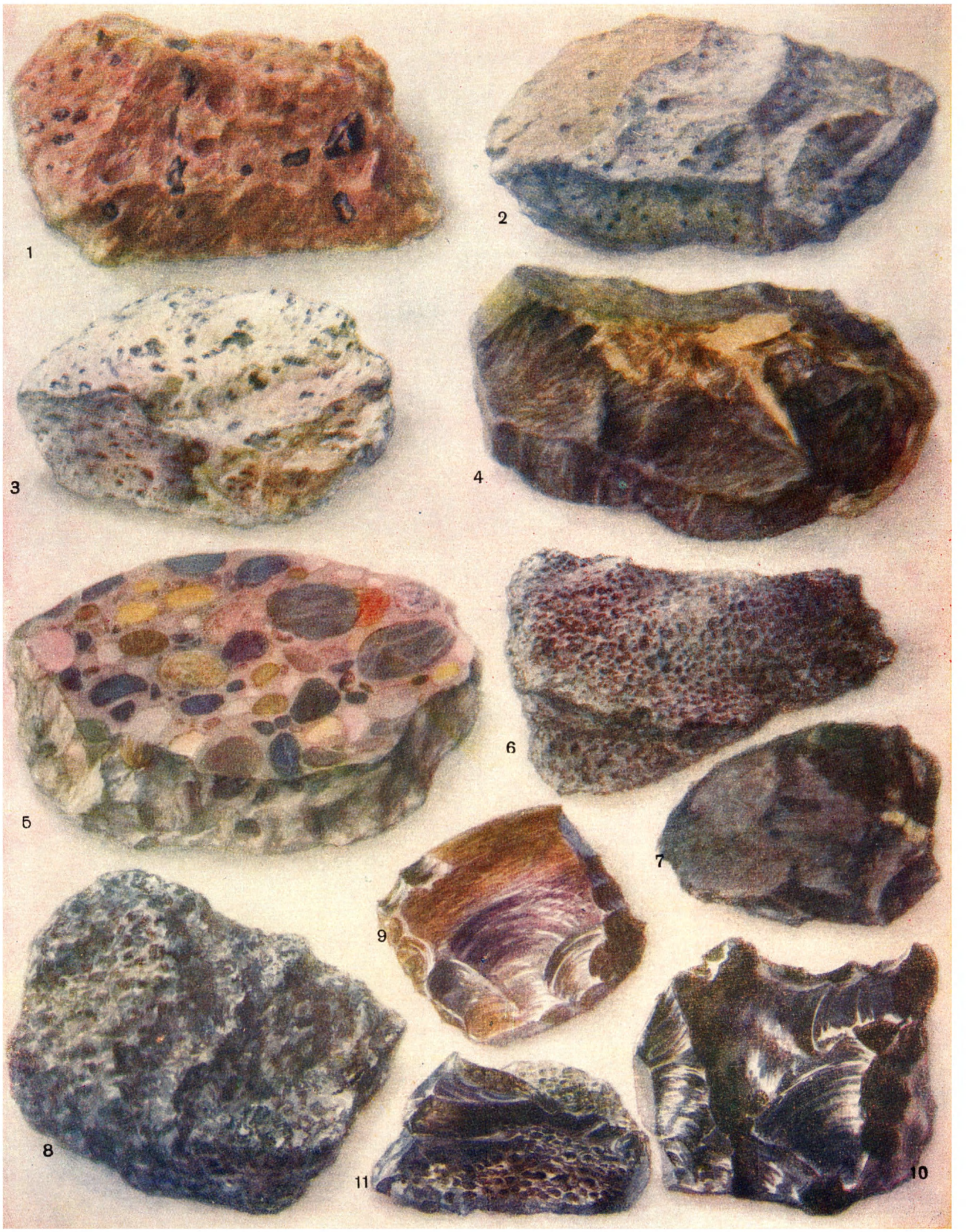
Смаку не має:

ж) Кальцит, або *вапняний шпат* ($CaCO_3$). Безколірний, білий, жовтий, зелений, голубий, фіолетовий, бурий, чорний. Скипає, коли подіяти розбавленою соляною кислотою. Має добре виражену спайність у трьох напрямах.

з) Доломіт [$CaMg(CO_3)_2$]. Колір жовтий, білий, сірий, зеленуватий, чорний. Розтов-

Гірські породи

1 — пегматит (писемний граніт); *2* — сієніт; *3* — пегматит з біотитом; *4* — кварцит шокшинський; *5* — брекчія; *6* — порфірит; *7* — чорний мармур; *8* — сірий мармур; *9* — граніт; *10* — діорит.



Гірські породи

1 — вулканічний туф; *2* — ліпарит; *3* — пемза; *4* — дуніт; *5* — конгломерат; *6* — пузирчастий базальт; *7* — щільний базальт; *8* — габро; *9* — бурий обсидіан; *10* — чорний обсидіан; *11* — пузирчастий обсидіан.

чений на порошок, скипає, коли подіяти розбавленою соляною кислотою.

и) Ангідрит ($CaSO_4$). Колір білий, голубуватий, синюватий, фіолетовий, червонуватий, блідо-рожевий, білий. Суцільна зерниста мармуровидна маса. Не реагує на розбавлену соляну кислоту.

і) Флюорит, або *плавиковий шпат* (CaF_2). Безколірний, сіруватий, блідо-рожевий, жовтий, червоний, зеленуватий, голубий, фіолетовий до чорного, іноді смугастий; часто спостерігається зміна кольору в різних частинах одного й того самого зразка. Трапляється у вигляді суцільної зернистої щільної або землистої, а також стовпчастої будови маси; іноді дає кристали кубічної форми.

ї) Апатит [$Ca_5(Cl,F)(PO_4)_3$]. Колір блідо-зелений, голубувато-зелений, синювато-зелений, білий, сірий, бурий, голубий, фіолетовий, іноді зелений із сірими плямами (нефелін). Має вигляд шестикутних призматичних або плоских таблитчастих кристалів або суцільної зернистої маси.

й) Змійовик, або *серпентин*. Колір жовтувато-зелений, темно-зелений до чорного; часто спостерігається зміна забарвлення в різних частинах зразка. Суцільна щільна маса, нерідко з прожилками азбесту.

к) Азбест, або *гірський льон*. Колір зеленувато-жовтий з золотистим відтінком, майже білий. Складається з тонісіньких волокнин, розташованих перпендикулярно до стінок тріщин, і легко розпушується у вату.

л) Біла слюда, або *мусковіт*. Безколірна, біла. Листувата. Кінчиком складаного ножа можна легко відокремити гнучкі і пружні листочки.

Риска жовта, бура, червона:

м) Боксит ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$). Матовий. Колір буро-червоний, цегляно-червоний. Риска відповідає кольору. Частіше суцільна, глиноподібна маса.

н) Бурий залізняк, або *лимоніт* ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$). Колір бурий, чорний; спостерігаються плями вохряно-жовтого кольору. Риска іржаво-бура або вохряно-жовта. Має вигляд натічних утворів (сталактити й інші форми), щільних мас або скупчень, що нагадують шлаки.

о) Цинкова обманка, або *сфалерит* (ZnS). Блиск алмазний. Колір жовтий, бурий, червонуватий, буро-чорний. Риска світло-жовта, світло-бура. Трапляється у вигляді суцільних зернистих мас або вкраплень у гірські породи. Супутники: *свинцевий блиск* (свинцево-сірого кольору), *сірчаний колчедан* (світлий латунно-жовтий), *мідний колчедан* (латунно-жовтого кольору).

п) Кіновар (HgS). Колір яскраво-червоний, темно-червоний. Риска кров'яно-червона. Супутник — *сурм'яний блиск* (свинцево-сірого, стально-сірого кольору).

р) Червоний залізняк, або *гематит* (Fe_2O_3). Колір вишнево-червоний, темно-червоний. Риска вишнево-червона (кольору стиглої вишні).

Риска зелена:

с) Малахіт, або *мідна зелень* [$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]. Колір яскраво-зелений, трав'яно-зелений. Скипає, коли подіяти розбавленою соляною кислотою.

Риска голуба, фіолетова:

т) Азурит, або *мідна синь* [$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$]. Колір синій. Скипає, коли подіяти розбавленою соляною кислотою.

у) Флюорит, або *плавиковий шпат* (CaF_2). Колір фіолетовий.

Риска сіра до чорної:

ф) Піролюзит (MnO_2). Колір чорний. Складається із зцементованих дрібних кульок.

х) Фосфорит [$Ca_5(PO_4)_3(Cl,F)$]. Колір темно-сірий, чорний. Трапляється у вигляді жовен різної форми. У розколі нерідко виявляє радіально-променисту будову. При терті куска об кусок чути запах паленої кістки.

3. Мінерал залишає подряпину на склі.

Безколірний, колір білий, сіруватий:

а) Польовий шпат. Колір білий, сіруватий. При розколюванні дає в двох напрямах рівні, немов відполіровані, блискучі поверхні, а в третьому напрямі — нерівну, матову. Суцільна зерниста щільна маса або вкраплення в породі.

б) Кварц (SiO_2). Колір білий, сіруватий або безбарвний. Злом нерівний. Суцільна зерниста щільна маса; трапляється також і у вигляді вкраплень у породі або у вигляді пухкого кварцового піску.

в) Гірський кришталь (SiO_2). Безколірний. Має вигляд шестигранних призматичних кристалів, що закінчуються пірамідами, або суцільної щільної маси.

Колір жовтий, бурий, рожевий, червоний:

г) Бурий залізняк (лимоніт) ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$). Колір бурий. Риска іржаво-бура, вохряно-жовта. Має вигляд суцільних щільних мас або натічних утворів (сталактити й інші форми); іноді шлаковидний або складається із зцементованих дрібних кульок.

д) Червоний залізняк, або *гематит* (Fe_2O_3). Колір вишнево-червоний, риска вишнево-червона (кольору стиглої вишні). Суцільна зерниста щільна маса.

е) Польовий шпат. Колір жовтий, блідо-рожевий, червоний. Блиск скляний. Риски не дає. При розколюванні спостерігаються в двох напрямах рівні, блискучі поверхні, а в третьому напрямі — нерівна, матова. Суцільна землиста щільна маса або вкраплення в породі.

є) Нефелін (масляний камінь). Сіруватобілий з жовтуватим, буруватим, червонуватим відтінком, а також безколірний. Блиск жирний. Риски не дає. Суцільна щільна маса. Злом нерівний.

ж) Кремінь (SiO_2). Колір жовтий, бурий. Матовий. Щільний. Краї уламків гострі. Злом нерівний.

з) Халцедон (SiO_2). Колір жовтий, світло-коричневий, темно-бурий, червоний. Риски не дає. Суцільна щільна натічна маса, всередині якої іноді трапляються пустоти з дрібними кристалами кварцу. Злом нерівний. Часто у зломі дає гострі, ріжучі краї.

и) Гранат. Колір темно-бурий, темно-червоний, червоний, буро-червоний. Трапляється у вигляді окремих кристалів, а також вкраплень у породі. Риски не дає.

Колір темно-зелений:

і) Рогова обманка. Колір темно-зелений. Суцільна маса або скупчення дрібних голчастих призматичних кристаликів. Крім цього, трапляється у вигляді вкраплень у породі. Риска зеленувата.

Колір голубувато-сірий, фіолетовий:

ї) Халцедон (SiO_2). Колір голубувато-сірий, синюватий. Риски не дає. Злом нерівний. Суцільна щільна маса, всередині якої іноді бувають пустоти з дрібними кристалами кварцу. Часто у зломі дає гострі, ріжучі краї.

й) Аметист (SiO_2). Колір фіолетовий. Риски не дає. Шестикутні призматичні кристали, що закінчуються пірамідою, або суцільна щільна маса. Злом нерівний.

Колір темно-сірий, чорний.

к) Фосфорит [$Ca_5(PO_4)_3$ (Cl,F)]. Колір темно-сірий, чорний. Трапляється у вигляді жовен різної форми. У розколі нерідко виявляє радіально-променисту будову. Коли терти кусок об кусок, чути запах паленої кістки.

л) Рогова обманка та *авгіт*. Колір чорний. Трапляються у вигляді суцільних мас голчастої призматичної будови або вкраплень у породі. Риска зелена або чорна.

м) Кремінь (SiO_2). Колір сірий, чорний. Матовий. Щільний. Краї уламків гострі. Злом нерівний.

н) Лабрадор. Колір темно-сірий, зеленувато-сірий. Характерний синій полиск, який часто спостерігається на рівній поверхні злому. Риски не дає. Найчастіше трапляється у вигляді крупнозернистих мас.

о) Кварц (SiO_2). Колір димчастий, чорний. Риски не дає. Шестигранні призматичні кристали, що закінчуються пірамідами; поширені також у вигляді суцільних щільних мас, вкраплень у породі. Злом нерівний.

Забарвлення мінералу звичайно строкате, багатоколірне:

п) Яшма. Забарвлення строкате. Суцільна щільна маса. Злом нерівний. Часто бувають прожилки іншого кольору.

р) Агат (SiO_2). Забарвлення смугасте. Окремі шари, по-різному забарвлені, розташовані смугами.

ЯК ВИЗНАЧИТИ ГІРСЬКУ ПОРОДУ

Багато гірських порід є цінним будівельним матеріалом і йде для брукування доріг або служить рудою якого-небудь металу. Щоб судити про цінність гірської породи та придатність її для нашої промисловості, треба насамперед визначити цю породу, тобто за характерними особливостями встановити назву, а потім ознайомитись з усіма її властивостями.

Точне визначення гірських порід, особливо складних, де є кілька мінералів, провадять у спеціальних лабораторіях за допомогою мікроскопа, хімічних аналізів і інших способів дослідження.

Для приблизного визначення породи цілком достатньо скористуватись тими її властивостями, які можна побачити і без мікроскопа.

Так і роблять геологи, працюючи в полі. Цей спосіб визначення цілком доступний юним геологам. Треба тільки мати міліметровий папір, лупу із збільшенням не менш як у чотири рази, ножик або голку, склянку з розбавленою соляною кислотою і геологічний молоток.

Якщо порода пухка і складається з великих уламків, то вимірюють їх величину по міліметровому паперу і дивляться, яку форму мають уламки: кутасту (щебінь) чи округлу (гравій, галька). Якщо уламки дрібні, наприклад, піщинки в піску, то їх насипають тонким шаром на міліметровий папір і дивляться (краще під лупою), якої величини окремі зерна породи і які мінерали серед них можна визначити.

Пухкі породи утворюються в результаті руйнування щільних порід. Тому уламки в них можуть бути з граніту, сланцю, вапняку і інших гірських порід. Для того щоб описати, наприклад, галечник, треба визначити, з яких саме порід складаються окремі гальки або уламки.

Щільні породи можна спостерігати у відслоненнях. Знайшовши вихід щільної породи, треба спочатку подивитись, як вона залягає: пластами, суцільною масою чи виходить у вигляді жил. Пластами звичайно залягають осадові породи і нерідко метаморфічні. Масивне залягання характерніше для магматичних порід.

У жилах залягають породи різного походження.

Для визначення гірської породи треба встановити, яку вона має будову та з яких мінералів складається. Визначають породу завжди по свіжому злому. Поверхня породи при вивітрюванні часто дуже змінюється, тому, щоб мати свіжу, незмінну поверхню, треба відбити молотком кусок породи від скелі або розбивати уламок. Свіжу поверхню породи слід розглянути під лупою. Вона може бути землистою (наприклад, глина), або склистою (наприклад, обсидіан), або зернистою (наприклад, граніти, пісковики), або порфіровою, коли трапляються великі зерна серед склистої або дуже дрібної зернистої маси (наприклад, порфірит).

Щоб розрізнити породу щодо твердості, уламок її дряпають ножем або нігтем. Якщо порода складається з твердих мінералів, то вона не буде різатись або скребтись ножем. Але в деяких порід (наприклад, у пісковиків) при дряпанні їх ножем можуть випадати окремі зерна, твердість яких більша, ніж твердість ножа.

Осадові породи часто складаються з менш твердих і менш міцних мінералів, ніж породи магматичні або метаморфічні.

Нерідко породи можна розрізнити, знаючи їх питому вагу. Магматичні і метаморфічні породи часто бувають важчі від осадових. Особливо важкими бувають ті з магматичних порід, які складаються з темних мінералів.

Для приблизного визначення важкості породи вагу невеликих (з куряче яйце) кусків породи порівнюють на руці.

Іноді породи можна встановити по кольору. Габро, діорити завжди темного кольору, темніші від гранітів. Трахіти і ліпарити звичайно бувають світлими, навіть білими; змійовики — зеленими.

Гірська порода складається з мінералів. Тому, щоб установити назву породи, треба визначити мінерали, з яких вона складається. Як визначають мінерали, можна дізнатись із статті «Як установити, який це мінерал» (стор. 283). Але в гірській породі мінерали, що її утворюють, часто бувають дуже дрібними і їх не так легко встановити.

Мінерали в породі насамперед розрізняють за кольором. Темнішими звичайно бувають біотит, рогові обманки; світлішими — кварц, польові шпати, біла слюда — мусковіт, кальцит. Дуже характерна для порід наявність або відсутність кварцу або польових шпатів. Кварц і польові шпати твердіші від ножа, і він не лишає на них подряпини, а от на кальциті подряпина лишається. Кварц відмінний від польових шпатів тим, що в нього немає спайності. Щоб дізнатись, чи є в породі кальцит, крапають на неї соляною кислотою: якщо кальцит є, то з породи з шипінням виділяється вуглекислота. Наявність кальциту часто характерна для осадових порід (вапняки). Слюди — біотит та мусковіт — також установлюють по їх добрій спайності, що йде в одному напрямі: вони легко розщеплюються на тонкі пластинки кінчиком складаного ножа або голки.

Усі спостереження над мінералами найзручніше провадити за допомогою лупи.

Визначаючи породу, треба підмітити якомога більше її особливостей.

У короткому визначнику різноманітні гірські породи поділені на групи за їх властивостями. Насамперед породи поділяють на дві групи: пухкі і щільні. У межах кожної з цих груп їх визначають на підставі

різних ознак, наприклад, зернистості, шаруватості (або сланцеватості), кольору тощо. Перегляньте уважно текст короткого визначника, і ви побачите, що користуватися ним зовсім не важко (див. також стор. 288—289, кольор. табл.).

КОРОТКИЙ ВИЗНАЧНИК ГІРСЬКИХ ПОРІД

І. Породи пухкі

Уламки, що становлять породу, кутасті, завбільшки від 1 до 10 *см* — щебінь.

Уламки, що становлять породу, округлені:

1) окремі зерна менші за 2 *мм* — пісок;
2) » » від 2 до 10 *мм* — гравій;
3) » » від 1 *см* до 10 *см* — галька;
4) » уламки більші за 10 *см* — валуни.

ІІ. Породи щільні

Порода складається з окремих зерен та уламків різних розмірів, між ними — цемент, що їх скріплює:

1) окремі зерна, округлені, дрібні — менші за 2 *мм* — пісковик;
2) окремі зерна, округлені, різних розмірів — від 1 до 10 *см* — конгломерат;
3) окремі уламки, великі, кутасті, від 1 до 10 *см* — брекчія.

Порода зерниста, кристалічна; окремі зерна (кристали), що становлять породу, щільно стикаються одне з одним:

а) Порода нешарувата:

1) складається тільки з зерен кварцу — кварцит;
2) складається з зерен кварцу, польового шпату, слюди або рогової обманки, колір світло-сірий, червонуватий або рожевий — граніт;
3) кварцу немає, складається з польового шпату, слюди — біотиту або рогової обманки, схожа на граніт, переважаючий колір рожевий, рідше блідо-рожево-сірий — сієніт;
4) складається з польового шпату (плагіоклазу) і рогової обманки або слюди — біотиту, дрібнозерниста, сірого кольору — діорит;
5) складається з польового шпату (плагіоклазу) і темних мінералів, крупнозерниста, майже чорного кольору, часто від наявності особливого плагіоклазу — лабрадору — міниться синіми іскрами — габро;
6) складається з одного мінералу олівіну, чорна з зеленуватим відтінком — дуніт;
7) складається з великих кутастих кристалів кварцу та польового шпату, що проростають один одного і нагадують стародавні східні письмена,— пегматит (або «письмовий граніт»);
8) складається з дрібних зерен кальциту, скипає від соляної кислоти, колір різноманітний — мармур.

б) Порода шарувата або сланцевата:

1) складається з зерен кварцу, польового шпату і слюди (склад той самий, що й у граніту) — гнейс;
2) складається тільки з слюди і кварцу — слюдяний сланець.

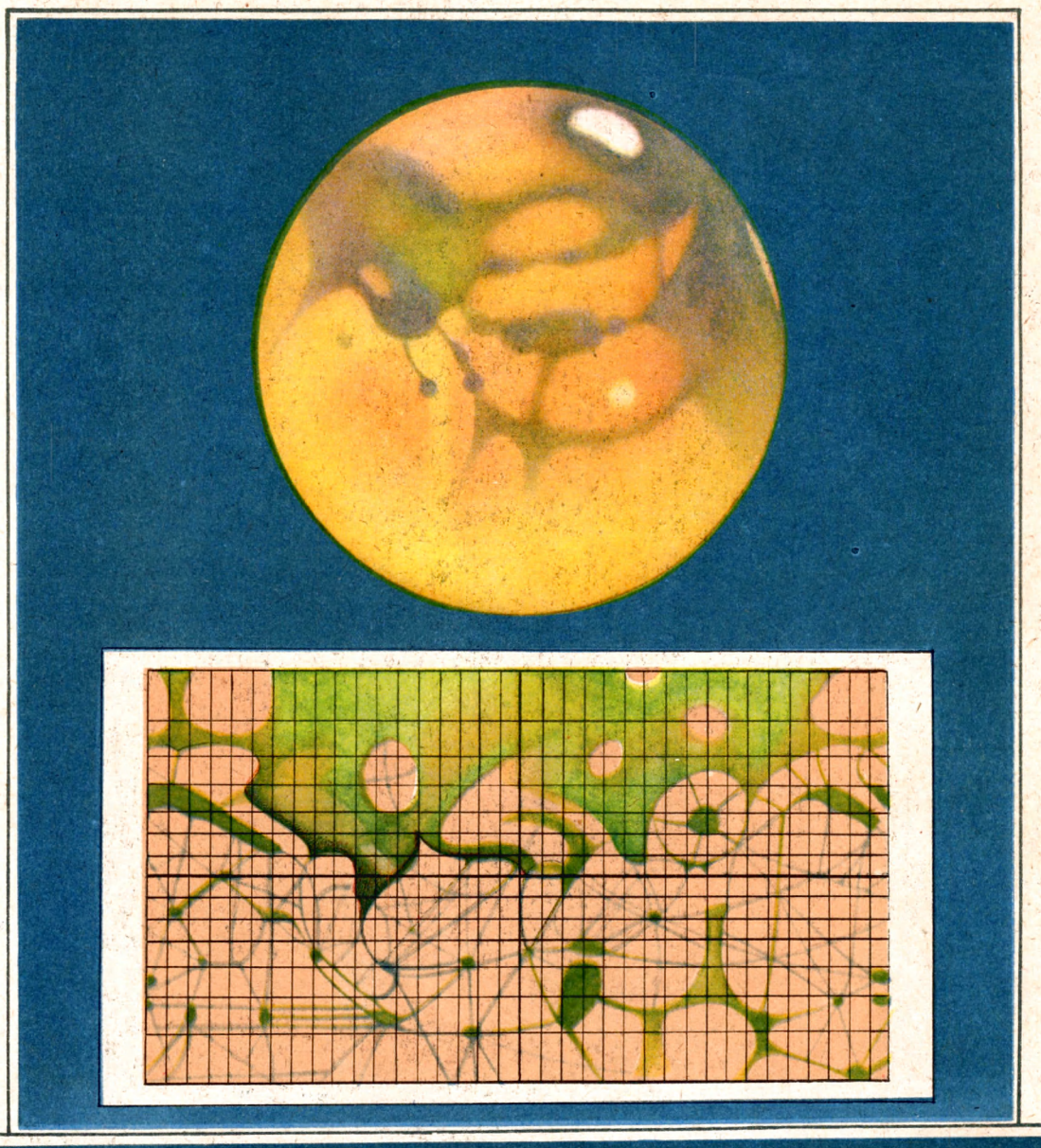
Порода однорідна, незерниста; іноді в суцільній однорідній масі можна розрізнити окремі зерна:

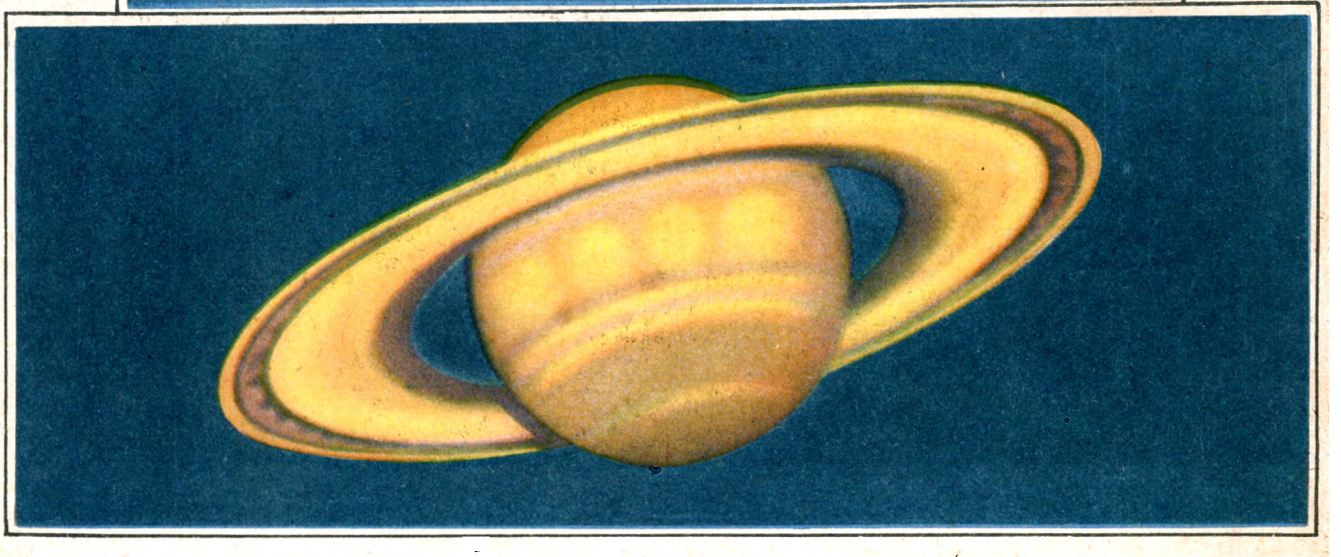
а) Порода однорідна, злом склистий або раковистий з ріжучими краями:

1) колір сірий, чорний, іноді бурий, плямистий, блиск скляний — обсидіан;
2) колір жовто-бурий, сірий, іноді чорний; матова, не блискуча — кремінь;
3) смугаста, плямиста, різних кольорів — яшма;

б) Порода однорідна, іноді неясно зерниста:

1) м'яка, ріжеться ножем, після змочування розтирається між пальцями в тонкий порошок, утворюючи пластичну масу; бура, сіра, іноді біла — глина;
2) не розтирається, щільніша, ніж глина, розпадається на тонкі тверді плитки — глинистий сланець;
3) біла, м'яка, дряпається нігтем, бруднить руки, залишає білу риску, від соляної кислоти скипає — крейда;
4) біла, легка, бруднить руки, схожа на крейду, але від соляної кислоти не скипає — трепел;
5) біла, жовтувата, сіра, щільна або неясно зерниста, часто містить різні скам'янілості, від соляної кислоти скипає — вапняк;
6) щільна або неясно зерниста, скипає тільки від підігрітої соляної кислоти, колір білий, жовтуватий, бурий — доломіт;
7) легко дряпається і ріжеться ножем, розчиняється у воді, на смак солона, прозора або напівпрозора, при розколюванні дає гладенькі блискучі поверхні — кам'яна сіль;





Планети Марс і Сатурн (у середині — карта частини поверхні Марса).

Комета Донаті.

8) у воді не розчиняється, яскраво-біла, блідо-рожева або жовтувата, буває волокнистої будови, при розколюванні часто дає блискучі гладенькі поверхні, пластинчаста, іноді прозора, — г і п с;

9) м'яка, дряпається ножем, однорідна, щільна, зелена, темно-зелена або плямиста, просвічує в краях — з м і й о в и к.

в) У с у ц і л ь н і й м а.с і п о р о д и м о ж н а р о з р і з н и т и о к р е м і з е р н а (в к р а п л е н и к и):

1) світла, часто біла, із вкрапленниками польових шпатів, іноді слюди,—л і п а р и т, т р а х і т;

2) темна, із вкрапленниками польових шпатів, рогових обманок і інших темних мінералів — п о р ф і р и т;

3) чорна, важка, з дуже дрібними вкрапленниками польових шпатів, іноді олівіну і темних мінералів, — б а з а л ь т.

* * *

У визначник ввійшли тільки найпоширеніші магматичні, осадові та метаморфічні породи.

Що читати з геології

АНОТОВАНИЙ СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ДЛЯ ДІТЕЙ СЕРЕДНЬОГО І СТАРШОГО ВІКУ

Обручев В. А., Основы геологии. Популярное изложение, М., Акад. наук СРСР, 1956, 356 стор. з ілюстр. і карт.

Книга відомого геолога і географа В. О. Обручова знайомить молодих читачів з історією Землі, а також з роботою води, вітру та льоду, з утворенням гір, виверженнями вулканів, землетрусами й іншими явищами природи на поверхні та в надрах Землі.

Ферсман А. Е., Занимательная геохимия. Химия Земли, вид. 3-є, випр., Л., Детгиз, 1954, 487 стор. з ілюстр. і табл. (Шкільна б-ка).

Видатний радянський учений О. Є. Ферсман захопливо розповідає про будову та різні властивості хімічних елементів, про історію атома в природі, про минуле й майбутнє геохімії — науки, що вивчає хімічні процеси, які відбуваються в надрах нашої планети.

Ферсман А. Е., Занимательная минералогия, вид. 3-є, М.—Л., Детгиз, 1953, 272 стор. з ілюстр. і карт.

У цікавій формі автор знайомить читачів із світом мінералів та кристалів, розповідає про рідкі, леткі та їстівні камені.

Юним любителям мінералогії автор дає практичні поради — як збирати мінерали, як складати та зберігати мінералогічну колекцію.

Яковлев А. А., Минералогия для всех, Акад. наук СРСР. Наук.-популяр. серія, М.—Л., 1947, 485 стор. з ілюстр.

Цю книгу написано для любителів каменю, незалежно від їх віку та освіти.

У ній даються загальні відомості про історію гірничого промислу, про кристали, мінерали та гірські породи.

Наприкінці автор розповідає, як самому збирати мінерали та складати з них колекцію.

ЩО ВІДБУВАЄТЬСЯ В НАДРАХ ЗЕМЛІ ТА ЯКІ СИЛИ ПРИРОДИ ДІЮТЬ НА ЇЇ ПОВЕРХНІ

Белоусов В. В., Силы, меняющие лик Земли, М., Госгеолиздат, 1952, 63 стор. з ілюстр.

Геологічні процеси, що відбуваються на поверхні Землі та в її надрах, змінюють зовнішнє лице планети та її внутрішню будову.

Розповідаючи про ці процеси, автор пояснює причини землетрусів, утворення гір, руйнування гірських порід, постійного переміщення уламкового матеріалу та ін.

Бончковский В. Ф., Внутреннее строение Земли, М., «Знание», 1955, 32 стор. з ілюстр. (Всесоюз. т-во для пошир. політ. і наук. знань).

У брошурі коротко викладаються гіпотези про походження та розвиток Землі і висвітлюються способи дослідження її внутрішньої будови.

Автор наводить дані про властивості та стан речовини всередині Землі, а також знайомить з процесами, які відбуваються під діянням її внутрішніх сил.

Бублейников Ф. Д. и Щербаков Д. И., Замечательные геологические явления нашей страны, М., Акад. наук СРСР, 1941, 189 стор. з ілюстр. і карт. (Наук.-популяр. б-ка).

У добре написаних нарисах читач знайде цікавий і різноманітний матеріал про пустині, льодовики і вулкани, про рухи земної кори, про родовища корисних копалин.

Бублейников Ф. Д., Пещеры, М., Госкультпросветиздат, 1953, 112 стор. з ілюстр.

Прочитавши цю книжку, школярі не тільки дізнаються про причини утворення печер та гротів і ознайомляться з найцікавішими печерами світу, а й дістануть також практичні поради, як вивчати печери.

Варсанофьева В. А., Жизнь гор., вид. 5-е, випр. і доп., М., 1950, 170 стор. з ілюстр. (Моск. т-во дослідників природи. Серед природи. Вип. 30).

Автор розповідає про процеси виникнення та руйнування гір, про історію гірських пасом.

Влодавец В. И., Вулканы Советского Союза, М., Географгиз, 1949, 164 стор. з ілюстр. (Явища природи).

Ця книга знайомить читачів з діючими, згасаючими або вже згаслими вулканами нашої країни, з вулканічною діяльністю в далекому минулому на території Кавказу, Сибіру і Далекого Сходу.

Галицький В. І., Вулкани і землетруси, К., «Радянська школа», 1951, 56 стор. з ілюстр. і карт.

У доступній для розуміння учнів формі автор розповідає про причини виникнення вулканів, їх діяльність і землетруси як грізні сили природи. Докладно висвітлюється питання про поширення вулканів на земній кулі і райони, в яких бувають землетруси. Розповідає про заходи, які вживають для боротьби з цими грізними силами природи.

Горшков Г. П., Землетрясения, вид. 4-е, доп., М.—Л., Гостехиздат, 1950, 40 стор. з ілюстр. (Наук.-попул. б-ка. Вип. 9).

Що таке землетруси? Як і де вони відбуваються і чому виникають? На ці питання ви знайдете відповіді в цій брошурі. Автор розглядає також питання про можливість завбачення землетрусів та запобігання їх шкідливим діям.

Горшков Г. П., Как образовались горы, М., «Советская Россия», 1957, 11 стор., 5 окр. л. ілюстр. (Для голосного читання).

Автор розповідає читачам про те, як утворились сучасні гори й лавини та як впливають внутрішні і зовнішні сили Землі на процеси створення і руйнування гірських порід.

Горшков Г. П., Строение земного шара, М., Гостехиздат, 1958, 48 стор. з ілюстр. (Наук.-освіт. б-ка. Вип. 18).

У брошурі дається уявлення про походження та будову Землі, розповідається про те, як люди обчислили вік нашої планети та як склалося правильне уявлення про її форму та розміри.

Заварицкая Е. П., Вулканы, вид. 4-е, М.—Л., Гостехиздат, 1950, 45 стор. з ілюстр. (Наук.-попул. б-ка. Вип. 8).

Розповідаючи про діяльність найвідоміших вулканів світу, Є. П. Заварицька пояснює причини виверження вулканів. У книзі розповідається, як утворюються гейзери та мінеральні джерела і що являють собою вулканічні лави.

Кастере Н., Десять лет под землей, пер. с англ. М., Географгиз, 1956, 199 стор. з ілюстр.

У книзі, яку написав відомий французький дослідник печер, захопливо розповідається про пригоди, що їх довелося зазнати авторові, коли він вивчав печери і безодні Франції та Іспанії.

Кузнецов С. С., По горам и равнинам. Очерки по геологии нашей страны, вид. 2-е, переробл., М., Учпедгиз, 1957, 280 стор. з карт.

Популярні нариси про геологічну будову нашої Батьківщини.

Мамаєнко Є. П., Діяльність вулканів і землетруси, К., «Радянська школа», 1954, 76 стор. з ілюстр. і карт.

У цікавій, напівхудожній формі у книжці розповідається про грізні сили природи — діяльність вулканів і землетруси. Наводяться уривки з розповідей очевидців про виверження вулканів, про страшні коливання земної поверхні і моря під час землетрусів. Розповідається про райони поширення вулканів і землетрусів, прилади для вимірювання сили і місця землетрусів, а також завбачення цих грізних сил природи.

Мезенцев В. А., Вода вокруг нас, М., Детгиз, 1954, 80 стор. з ілюстр.

Прочитавши цю книгу, читачі ознайомляться з великим кругообігом води в природі. У книжці розповідається про чудову перемогу людини над водною стихією, про те, як вона навчилась «приводити» воду в пустині та степи, відводити її з боліт, збирати у водосховища та використовувати на гідростанціях.

Обручев В. А., Происхождение гор и материков, М., Детгиз, 1956, 126 стор. з ілюстр. (Шкільна б-ка).

Акад. В. О. Обручов яскраво і образно розповідає юним читачам про те, що являє собою поверхня Землі, як і коли утворились материки, з чого складаються гори, як вони руйнуються і відроджуються.

Підоплічко І. Г., Коротка історія Землі, К., «Радянська школа», 1958, 172 стор. з ілюстр. і карт.

У цій книжці автор розповідає про історію розвитку нашої планети Землі від найдавніших до найновіших часів, тобто до появи на ній володаря і перетворювача природи — людини.

Попов И. В., Жизнь речного русла, Л., Гидрометеоиздат, 1955, 99 стор. з ілюстр. (Наук.-попул. б-ка).

Вода — один з наймогутніших чинників, що змінюють лице Землі.

Про значення рік та перетворення поверхні Землі розказано в цій книзі.

Якушева А. Ф., Как разрушаются горы, М., Госкультпросветиздат, 1957, 19 стор., 6 окр. л. ілюстр. в папці. (Для голосного читання).

У книзі пояснюється, як під дією води, повітря і сонця змінюється лице Землі. Школярі дізнаються, як утворюються і руйнуються гори та як переміщуються уламки гірських порід, чому Кавказькі гори з їх гострими вершинами не схожі за своїми обрисами на положисті і згладжені Уральські гори, як зникли величезні гори, що були колись на місці степів Казахстану.

СКАРБИ ЗЕМНИХ НАДР

Бублейников Ф. Д., Богатства Земли, М., «Молодая гвардия», 1951, 239 стор. з ілюстр.

Наша країна багата на руди металів, кам'яне вугілля, нафту і інші корисні копалини.

Автор розповідає про основні викопні багатства нашої Батьківщини та їх промислове використання.

Бублейников Ф. Д., Тайны Земли, М., «Московский рабочий», 1958, 136 стор. з ілюстр.

Автор розповідає про внутрішню будову Землі, зміну рельєфу, утворення покладів руди, вугілля та родовищ нафти.

Бушинский Г. И., Происхождение полезных ископаемых, М., Гостехиздат, 1953, 64 стор. з ілюстр. і карт. (Наук.-попул. б-ка. Вип. 63).

У цій книзі розказано про те, при яких умовах утворюються корисні копалини та як наукові теорії про їх походження допомагають геологам розкривати багатства земних надр нашої Батьківщини.

Васильков И. А. и Цейтлин М. З., Кладовые Солнца, М., Гостехиздат, 1952, 64 стор. з ілюстр. і карт. (Наук.-попул. б-ка. Вип. 46).

Кладові Сонця — це родовища вугілля. Які великі наші вугільні багатства? Що ми знаємо про минуле вугільних багатств нашої країни? Що відомо науці про походження вугілля, його види та склад? На всі ці питання дає відповідь згадана книга.

Гроденский Г. П., По Ильменскому заповеднику, М.—Л., Детгиз, 1951, 127 стор. з ілюстр. (Наша Батьківщина).

Скарбам Ільменських гір, що оголошені в зв'язку з надзвичайними багатствами в них мінералів і гірських порід Державним заповідником, присвячено цю цікаву книжку.

Жемчужников Ю. А. и Гор Г. С., Каменный уголь, Л., Детгиз, 1956, 79 стор. з ілюстр. і портр. (Шкільна б-ка).

Книга ознайомлює з тим, як з рослинних решток в результаті тривалих і складних процесів утворились вугільні поклади, де та як видобувають вугілля і що з нього роблять.

Земляк К. П. і Критенко Г. П., Край Донецький, вид. 2-е, К., «Радянська школа», 1959, 220 стор. з ілюстр.

Автори у цікавій формі знайомлять читача з історією виникнення кам'яного вугілля в Донбасі, його відкриттям відомим рудознатцем Г. Капустіним, розвитком кам'яновугільної промисловості в басейні за капіталізму і в радянський час. Знайомлять з найновішими способами і технікою вуглевидобування, героїкою важкої, але почесної праці шахтарів. Видне місце в книзі займають культура, побут трудящих басейну, соціалістичні міста і колгоспні села.

Зряковский М. С. и Макаров Н. Н., Тайна якутских алмазов, М., Географгиз, 1958, 110 стор. з ілюстр.

У цій книзі розповідається багато нового і цікавого про історію розшуків та відкриття алмазних родовищ Якутії, про натхненну працю радянських геологів та їх мужню боротьбу з природою. Говориться про значення алмазів для народного господарства.

Мар Е. П., О простом железе, М., Детгиз, 1957, 72 стор. з ілюстр. (Шкільна б-ка).

Просто і цікаво розповідає автор про процеси природи, які приводять до утворювання руд, про те, коли люди вперше навчились користуватись залізом, як руда перетворюється в метал та як варять сталь.

Наливкин Д. В. и Петров Л. С., Наша нефть, вид. 2-е, випр. і доп., М.—Л., Детгиз, 1952, 100 стор. з ілюстр. (На допомогу школяреві).

Книга дає уявлення про походження нафти, її розміщення, розшуки, видобування та застосування в нашому соціалістичному господарстві.

Осипов И. З., Сокровище Черных скал, М., Детгиз, 1956, 142 стор. з ілюстр.

У цій цікавій книжці розповідається школярам про каспійську нафту в районі Чорних скель, про радянських трудівників, які зуміли створити далеко в морі нафтовий промисел і збудувати за 100 *км* від берега ціле місто на стальних палях.

Соболевский В. И., Замечательные минералы, вид. 2-е, М.—Л., Госгеолиздат, 1949, 221 стор. з ілюстр.

Автор знайомить з технічно важливими мінералами, їх властивостями, способами застосування та умовами знаходження.

Тихонравов Н. В., Рассказы о нефти, М., Детгиз, 1954, 238 стор. з ілюстр. (Шкільна б-ка).

Що таке нафта? Чому з неї можна зробити тисячі корисних і часто цілком протилежних своїми властивостями продуктів (крем для взуття і ліки, бензин і асфальт, мило і фарби, духи і отруйні гази)? Де нафта залягає, як її шукають, видобувають і переробляють? Про все це розповідає автор книжки.

Ферсман А. Е., Воспоминания о камне, М., «Молодая гвардия», 1953, 191 стор. з ілюстр.

«Воспоминания о камне» — це серія коротеньких художніх оповідань про камені та людей, зв'язаних із світом мінералів.

Ферсман А. Е., Рассказы о самоцветах, Л., Детгиз, 1957, 259 стор. з ілюстр. (Шкільна б-ка).

Яскраві, малбовничі оповідання про різноманітність самоцвітів та кольорових каменів нашої країни, про алмаз і червоний рубін, зелений ізумруд, малахіт, перла та янтар, різноколірний мармур і багато інших каменів.

Шаскольская М. П., Кристаллы, М., Гостехиздат, 1956, 228 стор. з ілюстр. і портр.

У простій і доступній формі автор розповідає про дивний світ кристалів та про штучне вирощування кристалів в лабораторії і на заводах.

Шкляр Н. Г., Сокровища болот. Очерки о торфе, М.—Л., Госэнергоиздат, 1945, 183 стор. з ілюстр. і портр.

Торф використовується не тільки як звичайне паливо; з нього дістають такі цінні продукти, як кокс і газ, використовують як будівельний матеріал і добриво. Про все це цікаво розповідає автор.

НА ДОПОМОГУ ЮНИМ ГЕОЛОГАМ—РОЗВІДНИКАМ ПІДЗЕМНИХ СКАРБІВ

Вивчай свій край. Книга юного краєзнавця, К., «Радянська школа», 1953, 239 стор. з ілюстр.

З цієї книжки юний турист і краєзнавець дізнаються, як збирати та зберігати мінерали, провадити геологічні спостереження, завбачати погоду, вивчати рельєф і грунти, річки і озера, рослинність і тваринний світ. Читачеві даються корисні поради, які допоможуть підготуватись до походу, правильно вести спостереження і обробляти зібраний матеріал.

Івантишин М. М., Скарби Землі, К., «Радянська школа», 1958, 111 стор. з ілюстр., 8 кольор. вклейок.

Автор у простій, дохідливій для розуміння учнів формі подає багатий матеріал про мінерали, гірські породи і корисні копалини, про те, як і де розшукувати та визначати їх. У книжці велика увага надається використанню корисних копалин у народному господарстві.

Книга вожатого, вид. 6-е, перероб. і доп., М., «Молодая гвардия», 1955, 544 стор. з ілюстр.

Юні розвідники підземних багатств знайдуть у цій книзі багато корисних порад про те, як організувати похід на розшукування корисних копалин, як розподілити обов'язки серед його учасників, як правильно укласти спорядження і швидко розбити бівак, як розшукувати корисні копалини і збирати зразки порід.

Разумовский Н. К., Как определять минералы, М.—Л., Детгиз, 1953. 80 стор. з ілюстр. (На допомогу самодіяльності піонерів і школярів).

У цій брошурі коротко викладаються потрібні юному геологові відомості про склад земної кори та утворення мінералів, а також про те, як встановити назву мінералу по його зовнішніх властивостях і провадити найпростіші фізичні і хімічні дослідження властивостей мінералів.

Яковлев А. А., В мире камня. Книга юного геолога, М.—Л., Детгиз, 1951, 272 стор. з ілюстр., геол. карт. і 12 кольор. табл. мінералів.

Автор захопливо розповідає про професію геолога і дає багато практичних порад для розшуків корисних копалин. У книзі говориться про чудесний світ каменю і про те, як широко використовується він у нашому соціалістичному будівництві.

Яковлев А. А., В поход за полезными ископаемыми, М., Детгиз, 1954, 132 стор. з ілюстр. і 8 кольор. табл. мінералів. (На допомогу самодіяльності піонерів і школярів).

Ця книга також озброює юних розвідників надр потрібними практичними знаннями. У ній говориться про те, як треба підготуватись до походу, визначити мінерал, як самому скласти мінералогічну колекцію, що треба знати про найпоширеніші корисні копалини.

Нижче рекомендуються посібники для любителів-розшукувачів, що розвідують конкретні корисні копалини. Ці книжки дають юним краєзнавцям і туристам корисні поради, як вибирати райони для розшуків певних корисних копалин, і розповідають про способи розшуків і оцінку виявлених родовищ.

Волженков А. И., Свинец и цинк, где они применяются и как их искать в природе, М.—Л., Госгеолиздат, 1941, 23 стор. з ілюстр. (Наук.-попул. серія з геології).

Вольфсон Ф. И., Что такое рудные месторождения, где и как их искать, М., Госгеолиздат, 1952, 78 стор. з ілюстр. і карт.

Гиммельфарб Б. М., Что такое фосфориты, где и как их искать, М., Госгеолиздат, 1954, 28 стор. з ілюстр.

Гудалин Г. Г., Как искать медные руды, М., Госгеолиздат, 1952, 24 стор.

Корин И. З., Как искать руды никеля, М., Госгеолиздат, 1952, 48 стор. з ілюстр.

Культиасов С. В., Золото, где и как искать его в природе, М., Госгеолиздат, 1941, 40 стор. з ілюстр. (Наук.-попул. серія з геології).

Культиасов С. В., Олово, где оно применяется и как искать его в природе, М.—Л., Госгеолиздат, 1940, 32 стор. з ілюстр. (Наук.-попул. серія з геології).

Марков П. Н., Как искать месторождения слюд, М., Госгеолиздат, 1952, 24 стор. з ілюстр.

Петровская А. Н., Как искать бокситы, М., Госгеолиздат, 1951, 27 стор. з ілюстр.

Соболевский В. И., Как искать флюорит, М., Госгеолиздат, 1952, 24 стор. з ілюстр.

Черносвитов Ю. Л., Как искать месторождения глин, М., Госгеолиздат, 1952, 40 стор. з ілюстр.

ІСТОРІЯ ЗЕМЛІ. ПОХОДЖЕННЯ І РОЗВИТОК ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

Бублейников Ф., Рассказы о Земле, М.—Л., Детгиз, 1944, 136 стор. з ілюстр.

Просто і дохідливо письменник розповідає про те, як люди вивчають «біографію» Землі, який вигляд мали вимерлі тварини і первісні люди, пояснює, як утворились грандіозні печери і гігантські льодовики, вогнедишні гори й інші цікаві явища в земній корі.

Голосницкий Л. П., Путешествие в прошлое, М., Детгиз, 1957, 112 стор. з ілюстр. (Шкільна б-ка).

Цікава розповідь про те, коли та як виникло на Землі життя, як з'явились перші рослини і тварини та як з часом з тваринного світу виділилась людина.

Громов В. И., Что было на Земле миллионы лет назад, М.—Л., Детгиз, 1951, 71 стор. з ілюстр. (Природн.-наук. б-чка школяра).

Прочитавши цю цікаву книжку, можна дізнатись, що не завжди океани і материки, річки і озера були там, де вони тепер, що тварини і рослини з найдавніших часів не були схожі на сучасних.

У книжці розповідається і про те, як з'явились на Землі перші люди, як людина виділилась із світу тварин і яку роль у процесі перетворення мавпи в людину відіграла праця.

Ефремов И. А., Дорога ветров (Гобийские заметки), М., Трудрезервиздат, 1956, 360 стор. з ілюстр.

Вивчаючи рештки викопних тварин, палеонтологи дізнаються, як змінювався тваринний світ протягом тисячоліть.

Роботі однієї з найбільших палеонтологічних експедицій, організованій Академією наук СРСР в пустиню Гобі, де вона виявила кладовище скелетів велетенських ящерів, присвячено цю цікаву книгу.

Кропоткин П. Н., Геологическая история и строение Земли, М., «Знание», 1956, 40 стор. з карт. і схем. (Всесоюз. т-во для попир. політ. і наук. знань).

У цій брошурі розглядається питання про походження і внутрішню будову Землі, а також про історію геологічного розвитку земної поверхні.

Максимович Г. А. и Максимович Н. А., Свидетели прошлого. (О чем рассказывают камни), М., Гостехиздат, 1955, 32 стор. з ілюстр. (Наук.-освіт. б-ка. Вип. 7).

Камені звичайно мало привертають увагу людини. Тим часом вони можуть про багато що розповісти. Вивчаючи їх, ми дізнаємося, як протягом багатьох мільйонів років змінювався рельєф земної поверхні, яких змін зазнавав клімат, як утворились поклади корисних копалин. Про те, як люди навчились розбирати «мову» каменів, і розповідається в цій книжці.

Опарин А. И., Новое о происхождении жизни на Земле, М., «Молодая гвардия», 1956, 22 стор. (Учені — молоді).

Акад. О. І. Опарін розповідає молодим читачам, як виникло життя на Землі, знайомить з даними сучасної науки про основні етапи розвитку матерії.

Плисецкий М. С., Как произошел и развился человек, вид. 2-е, доп., М.—Л., Детгиз, 1951, 96 стор. з ілюстр. (Шкільна б-ка).

Як вчені дізнались про існування викопних предків людини? Скільки років тому жили ці предки і який вони мали вигляд? Чим вони живились, як добували їжу і захищались від хижих звірів? На всі ці питання даються відповіді в книжці.

Прочитавши її, юний читач дізнається, як виникла на Землі людина і які безглузді твердження релігії про створення людини богом.

Субботин М. Ф., Происхождение и возраст Земли, вид. 3-е, М.—Л., Гостехиздат, 1951, 38 стор. (Наук.-популяр. б-ка. Вип. 2).

Ознайомивши читачів з історією розвитку знань про походження Землі, автор розповідає про сучасні теорії виникнення планет, у тому числі і Землі, наводить наукові дані про вік Землі.

Трофимов Б. А., Жизнь в глубинах веков, М., Госкультпросветиздат, 1957, 149 стор. з ілюстр.

У цій книжці розповідається, як виникло і розвивалося життя на Землі аж до виникнення людини. Автор, зоолог і палеонтолог, приділив увагу походженню тварин, використовуючи для цього досягнення сучасної палеонтології — науки про викопні організми.

Яковлев А. А., Жизнь Земли, вид. 2-е, М.—Л., Гостоптехиздат, 1949, 283 стор. з ілюстр.

Автор розповідає про походження Землі та її будову, про виникнення на ній життя та розвиток організмів, про роботу вітру, води, льоду; про виверження вулканів, рух земної кори і землетруси.

ВИДАТНІ РОСІЙСЬКІ ГЕОЛОГИ[1]

Шатский Н. С., Андрей Дмитриевич **Архангельский** (1879—1940), М., 1944, 59 стор. з портр. (Моск. т-во дослідн. природи).

А. Д. Архангельський належить до найвидатніших російських геологів. Життю, науковій і громадсько-педагогічній діяльності цього визначного дослідника і присвячено згадану брошуру.

Кузнецов С. С., Отечественные геологи, М., Учпедгиз, 1958, 193 стор. з ілюстр.

Популярні нариси про життя і діяльність видатних російських геологів: **О. П. Карпінського, І. Д. Черського, О. О. Іностранцева, Ф. Ю. Левінсона-Лессінга, І. М. Губкіна, В. О. Обручова** та ін.

Григорьев Д. П. и Шафрановский И. И., Выдающиеся русские минералоги, М.—Л., 1949, 275 стор. (Акад. наук СРСР. Наук.-популяр. серія).

Російська мінералогія здавна користується світовою славою. Імена найвизначніших наших дослідників повинні бути знайомі кожному школяреві, що цікавиться мінералогією.

У книжці наводяться загальні відомості про розвиток російської мінералогії, починаючи від її зародження і кінчаючи нашими днями. У восьми нарисах розповідається про життя і діяльність найвизначніших славних представників російської мінералогії: **Ломоносова, Севергіна, Кокшарова, Єремєєва, Федорова, Вернадського, Ферсмана** і **Смирнова.**

Личков Б. Л., Владимир Иванович **Вернадский** (1863—1945), М., 1948, 102 стор. з портр. (Моск. т-во дослідн. природи).

Найвидатнішому російському природодослідникові і мінералогові В. І. Вернадському присвятив цю книгу автор.

Губкин И. М., Моя молодость, вид. 2-е, М., «Молодая гвардия», 1939, 47 стор.

Представник передової радянської геології, дослідник родовищ нафти І. М. **Губкін** збагатив світову науку якнайціннішими науковими працями. У цій книжці автор розповідає про тяжкі роки своєї молодості і навчання, що проходили в дореволюційній Росії, про те, як він, син бідного селянина, упертою і довгою працею досяг вершин науки.

Сенюков В. М., Выдающийся советский геолог академик И. М. **Губкин**, М., «Правда», 1950, 22 стор. з портр. (Всесоюз. т-во для пошир. політ. і наук. знань).

У брошурі дається коротка біографія і характеристика наукової і педагогічної діяльності акад. І. М. Губкіна.

Крупеников И. и Крупеникова Л., Василий Васильевич Докучаев (1846—1903), М., «Молодая гвардия», 1949, 288 стор. з ілюстр. (Життя видатних людей).

Великий російський учений-природодослідник, творець сучасного наукового грунтознавства і комплексного дослідження природи, Докучаєв багато подорожував по Європейській Росії і Кавказу.

У книжці описано життя вченого, сповнене безперервних шукань, і дано короткий виклад його основних праць.

Баян О. А., Отец русской геологии. (Рассказы о жизни и деятельности академика А. П. **Карпинского**), Л., Детгиз, 1955, 263 стор. з ілюстр. і портр.

Біографічний нарис про життя та діяльність О. П. Карпінського.

Анисимов С., Путешествия П. А. **Кропоткина** в 1862—1867 годах, М.—Л., Детгиз, 1952, 158 стор. з ілюстр. і портр.

Видатний російський географ і геолог П. О. Кропоткін (1842—1921) протягом ряду років вивчав Східний Сибір і Далекий Схід.

У цій книжці автор грунтовно розповідає про подорожі П. О. Кропоткіна і наводить уривки з його статей, спогадів та звітів.

Рябухин Г. Е., Роль М. В. **Ломоносова** в развитии геологии. М., «Правда», 1951, 20 стор. (Всесоюз. т-во для пошир. політ. і наук. знань).

Шевяков Л. Д., **Ломоносов** и русская геология, горное дело и металлургия, М., «Молодая гвардия», 1945, 24 стор. з ілюстр. (Ломоносовські читання).

У геології, як і в багатьох інших науках, Ломоносов був видатним, оригінальним мислителем. У своїх брошурах Г. Рябухін і Л. Шевяков говорять про значення і роль Ломоносова в розвитку геологічної науки, гірничої справи і металургії.

Ивановский С. Р., Леонид Иванович **Лутугин** (1864—1915), М., Углетехиздат, 1951, 51 стор. з портр. (Видатні діячі вітчизняної гірничої науки).

Цю книгу присвячено прогресивному громадському діячеві і талановитому вченому — основоположникові російської інженерної геології Л. І. Лутугіну.

Гурвич С. И., В. **Мушкетов** — геолог и путешественник, Сталінград, Облвидав, 1951, 74 стор. з ілюстр. і портр.

Серед найвидатніших російських учених-геологів почесне місце належить визначному геологові і мандрівнику І. В. Мушкетову, з науковою діяльністю і життям якого знайомить ця книга.

Обручев В. А., Мои путешествия по Сибири, М.—Л., 1948, 274 стор. з ілюстр. (Акад. наук СРСР. Наук.-популяр. серія).

Обручев В. А., По горам и пустыням Средней Азии, М.—Л., 1948, 244 стор. з ілюстр. (Акад. наук СРСР. Наук.-популяр. серія).

[1] Матеріал в цьому розділі йде за прізвищами геологів в алфавітному порядку.

У популярній формі акад. В. О. **Обручов** викладає в цих двох працях спостереження і дорожні враження під час подорожей по Західному і Східному Сибіру, Туркестану, Туркменії і прикордонній Джунгарії.

Думитрашко Н. В., В. А. **Обручев,** М., Географгиз, 1955, 38 стор. з портр. і карт. (Видатні географи і мандрівники).

Мурзаев Э. М., Обручев В. В., Рябухин Г. Е., Владимир Афанасьевич **Обручев.** Жизнь и деятельность, М., Акад. наук СРСР, 1959, 303 стор. з ілюстр., портр. і карт.

Рябухин Г. Е., Академик В. А. **Обручев,** М., «Знание», 1953, 40 стор. з ілюстр. і карт. (Всесоюз. т-во для пошир. політ. і наук. знань).

У рекомендованих книгах висвітлено життя і різноманітну діяльність радянського вченого-геолога, автора захопливих науково-фантастичних романів В. О. Обручова.

Варсанофьева В. А., Академик Алексей Петрович **Павлов** и его роль в развитии геологии, М., «Правда», 1951, 21 стор. (Всесоюз. т-во для пошир. політ. і наук. знань).

О. П. Павлов один з найвидатніших геологів кінця XIX і початку XX ст. Про його життя та творчість розповідає автор цієї книжки.

Бокий Г. Б., Академик Е. С. **Федоров** — основоположник современной кристаллографии, М., «Знание», 1952, 23 стор. з ілюстр. (Всесоюз. т-во для пошир. політ. і наук. знань).

Життю і багатогранній творчості засновника сучасної кристалографії Є. С. Федорова (1853—1919) присвячено брошуру Г. Б. Бокія.

Ферсман А. Е., Мои путешествия, М., «Молодая гвардия», 1949, 149 стор. з ілюстр. і портр.

Ферсман А. Е., Путешествия за камнем, Л., Детгиз, 1956, 528 стор. з ілюстр. і карт. (Шкільна б-ка).

Ім'я акад. О. Є. **Ферсмана** (1883—1945) — невтомного дослідника мінеральних багатств нашої Батьківщини, відомого радянського геолога, геохіміка і географа — користується великою популярністю у нашій країні.

У згаданих книжках яскраво розповідається про численні подорожі О.Є. Ферсмана, починаючи з дитячих невеликих прогулянок по Криму, які пробудили в автора любов до природи, до великих експедицій, які очолював або в яких брав участь учений.

Баян О., Разведчик недр. Рассказы из жизни академика А. Е. **Ферсмана,** М.—Л., Детгиз, 1951, 204 стор. з ілюстр. і портр.

У книгу включено найважливіші епізоди, що запали в пам'ять сучасників Ферсмана. Ці епізоди зв'язані з його науковою діяльністю та подорожами і характеризують О. Є. Ферсмана не тільки як ученого й дослідника, а й як чуйного товариша.

Писаржевский О., Александр Евгеньевич **Ферсман** (1883—1945), М., «Молодая гвардия», 1955, 454 стор. з ілюстр. і портр. (Життя видатних людей).

Ця книга, присвячена життю і діяльності визначного вченого О. Є. Ферсмана, містить великий фактичний матеріал.

Ревзин Г. И., Подвиг жизни Ивана **Черского,** М.—Л., Главсевморпуть, 1952, 108 стор. з ілюстр.

Талановитий самоук, учений-геолог І. Д. Черський (1845—1892) поклав початок сучасним знанням про геологію Сибіру та викопну фауну четвертинного періоду всієї цієї великої території.

У нарисі Г. І. Ревзіна докладно змальовано життєвий шлях Черського та його дружини М. П. Черської, яка пліч-о-пліч працювала разом з чоловіком до останніх хвилин його життя і продовжувала потім його наукові дослідження.

Щербаков Д. И., Мои путешествия. (Как я стал географом), вид. 2-е, доп., Л., Детгиз, 1954, 197 стор. з ілюстр. і карт. (Шкільна б-ка).

Автор цієї книжки — Д. І. **Щербаков,** геолог і географ, ділиться з молодими читачами живими і яскравими спогадами про свої подорожі по Кавказу, Криму і Середній Азії, що почалися ще в дитячі роки, розповідає про експедиції в піски Каракуми, про сходження на гірські вершини Паміру, про вулкани, печери та льодовики, які він бачив під час своїх численних подорожей.

Книжка особливо цінна тим, що ознайомлює читачів з практичними навичками, які потрібні кожному мандрівникові-початківцю.

Щербаков Д. И., По горам Крыма, Кавказа и Средней Азии. Путевые очерки, вид. 2-е, переробл. і доп., М., Географгиз, 1954, 200 стор. з ілюстр. і карт.

У цій книжці Д. І. Щербаков захопливо розповідає про свої подорожі по Головному Кавказькому хребту, гірському Криму та Паміру. Автор знайомить з природними умовами і геологією відвіданих ним районів.

ХУДОЖНЯ ЛІТЕРАТУРА

Асанов Н., Волшебный камень. Роман, вид. переробл., М., «Сов. писатель», 1954, 428 стор. з ілюстр.

Роман про роботу радянських геологів на Північному Уралі в дні Великої Вітчизняної війни.

Баблюк Б. Т., В стране алмазов, М., «Молодая гвардия», 1957, 223 стор. з ілюстр. (Б-ка мандрівок).

Журналіст Борис Баблюк розповідає багато цікавого про життя в далекій Якутській республіці, про те, як розвідники надр відкрили тут багатющі родовища алмазів та як у цих недавно ще глухих місцях будується місто Алмазград.

Бармин А. Г., Руда. Исторический роман, вид. 3-є, Л., Детгиз, 1955, 436 стор. з ілюстр. (Шкільна б-ка).

У цьому романі відображено історію гірничої промисловості Уралу.

Верн Ж., Путешествие к центру Земли. Роман, в кн.: Верн Ж., Собрание сочинений, т. 2, М., Гослитиздат, 1955, стор. 5—225.

Захопливе оповідання про те, як проф. Ліденброк та його племінник зробили незвичайну подорож в надра земної кулі, проникнувши туди через кратер одного з вулканів Ісландії.

Грачев А., Тайна Красного озера. Повесть, М., «Молодая гвардия», 1954, 328 стор. з ілюстр.

Пригодницька повість про групу радянських геологів, які працювали в глухій далекосхідній тайзі.

Гуревич Г., Подземная непогода. Научно-фантастическая повесть, М., Детгиз, 1956, 224 стор. з ілюстр. (Б-ка пригод. і наукової фантастики).

Герої повісті — радянські геологи та інженери, які навчились завбачати час та силу землетрусів і примусили вулкани працювати на людину.

Дойль А. К., Затерянный мир. Роман, пер. з англ., М., Гослитиздат, 1956, 206 стор. з ілюстр.

Тема цього фантастичного романа — подорож в доісторичне минуле нашої Землі, на ніби існуюче плоскогір'я в нетрях Південної Америки, населене первісними людьми і тваринами, які давно вже зникли в усіх інших місцях Землі.

Дружинин В. Н., Черный камень. Повесть, Л., Лениздат, 1955, 207 стор.

Повість про радянських геологів, які відкрили і освоїли нові родовища нафти.

Ефремов И., Алмазная труба. Рассказы, М., Детгиз, 1954, 207 стор.

«Алмазная труба» — збірка науково-фантастичних повістей та оповідань про відважних і сміливих радянських людей, які віддають усі свої сили та знання народові, про важку, але захопливу професію геологів, геофізиків та ін.

Ефремов И. А., Белый рог, М., «Молодая гвардия», 1945, 251 стор. з ілюстр. (Наукова фантастика і пригоди).

Один з героїв цієї книги — геолог Усольцев здійснює небезпечне сходження на неприступну скелю, де йому вдається відкрити родовище олова.

Ефремов И., Озеро горных духов, М.—Л., Детгиз, 1954, 127 стор. з ілюстр.

В оповіданні «Озеро горных духов», вміщеному в цьому збірнику, розповідається про відкриття радянськими вченими ртутного родовища.

Калиновский Г., Конец караванной тропы. Рассказы, М., «Сов. писатель», 1955, 176 стор. з ілюстр.

Оповідання, присвячені важкій і захопливій роботі радянських геологів в умовах пустині.

Кандыба Ф. Л., Горячая земля. Научно-фантастический роман, М., «Молодая гвардия», 1950, 365 стор. з ілюстр.

Можливість використання тепла гарячих джерел і гейзерів Камчатки, шукання місця для пробного будівництва шахти-котла становлять зміст цього цікавого роману.

Колесников М. С., Повести о дружбе, М., «Молодая гвардия», 1955, 406 стор.

У повісті «Счастливый оазис», що ввійшла в цей збірник, розповідається про монголо-радянську геологічну експедицію 1938 р., яка сколихнула життя одного з глухих районів Монголії.

Колесников М. С., Удар, рассекающий горы. Роман, М., «Молодая гвардия», 1957, 232 стор. з ілюстр.

Роман про роботу китайських інженерів та геологів, які прокладають залізницю крізь неприступні гори.

Кудашев А., Ледяной остров, М., «Молодая гвардия», 1955, 318 стор. з ілюстр.

Науково-фантастичний роман про радянських нафтовиків, які добувають «чорне золото» у відкритому морі.

Марков Г. М., Соль земли. Роман. (Кн. 1), М., «Молодая гвардия», 1956, 375 стор.

Роман про роботу радянських геологів у Сибіру.

Обручов В. О., У нетрях Центральної Азії. Записки шукача скарбів, К., «Радянська школа», 1958, 316 стор. з ілюстр.

Цікаві оповідання про шукання скарбів у руїнах стародавніх міст написані на матеріалі, який автор зібрав під час своїх подорожей.

Обручов В. О., Земля Санникова, К., «Радянська школа», 1956, 272 стор. з ілюстр.

Про те, як після довгих і важких мандрувань через арктичні льоди мандрівники знайшли таємничу Землю Санникова, що зникла в минулому столітті, розповідається в цьому романі.

Обручев В. А., Золотоискатели в пустыне, М., Географгиз, 1955, 207 стор. з ілюстр.

У цій книзі В. О. Обручов розповідає про життя та пригоди китайських рудокопів-золотошукачів минулого століття, яких злидні загнали в дикі, пустинні райони Джунгарії.

Обручов В. О., Плутонія, К., «Радянська школа», 1955, 284 стор. з ілюстр.

Науково-фантастична повість про незвичайні пригоди шести відважних дослідників, які проникли в надра Землі крізь отвір серед льодів Арктики, дає читачам уявлення про природу минулих геологічних епох, про тварин і рослини, які існували в ті далекі часи.

Осипов В. Д., Тайна Сибирской платформы, М., «Молодая гвардия», 1958, 279 стор. з ілюстр.

«Тайна Сибирской платформы» — документально-художня розповідь про історію розшуків якутських алмазів, про упертість радянських геологів у подоланні труднощів, про їх натхненну працю та повсякденний героїзм.

Охотников В. Д., В мире исканий. Научно-фантастические повести и рассказы, М.—Л., Детгиз, 1952, 272 стор. з ілюстр. (Б-ка наук. фантастики і пригод).

Пригодницькі повісті та оповідання з життя радянських геологів і інженерів.

Покровский С. В., Охотники на мамонтов. Поселок на озере, М.—Л., Детгиз, 1956, 271 стор. з ілюстр.

Цікаві повісті про первісних людей кам'яного віку.

Поступальская М. И., Чистое золото. Повесть, М., Детгиз, 1956, 408 стор. з ілюстр.

У цій повісті розповідається про один з тайгових золотих приїсків Сибіру, про те, як школярі допомогли відбудувати покинуту шахту, в якій вдалося відкрити родовища золота.

Пудалов Ф., Лоцман Кембрийского моря, М., Детгиз, 1956, 487 стор. з ілюстр.

У книжці захопливо розповідається про роботу геологів під керівництвом молодого вченого Зирянова, який поставив собі мету знайти нафту в найдавніших кембрійських шарах Землі.

Розенфельд М., Ущелье алмазов. Приключенческая повесть, М., Детгиз, 1955, 94 стор. з ілюстр.

Захоплива повість про молодого вченого, який вирушив в рискову і сповнену пригод подорож до Жовтої пустині, де розташовані ніким не досліджені Аламаські гори.

Узин С. В., Загадки материков и океанов, М., Детгиз, 1958, 222 стор. з ілюстр. і карт.

Цікаві нариси про шукання зниклих таємничих земель Санникова, Андрєєва, зниклого легендарного материка Атлантиди й інших.

Яковлев А., Тайна Саратовской земли. Повесть, М.—Л., Детгиз, 1946, 96 стор. з ілюстр.

А. Яковлев розповідає в цій повісті про те, як радянські геологи знайшли поблизу м. Саратова багатющі родовища газу.

Покажчик

ІМЕН І ПРЕДМЕТІВ

Абсолютний вік гірських порід — кількість років, що минула з моменту утворення гірських порід до наших днів; визначається за розпадом радіоактивних елементів, що входять до складу мінералів, з яких складаються гірські породи — 162—163, 272

Агассіс, Жан Луї Рудольф (1807 — 1873)— швейцарський природодослідник; довів існування в історії Землі льодовикової епохи — 242

Агат — мінерал, приховано-кристалічна тонкошарувата різновидність кварцу; цінний виробний камінь — **130**[1], 284, 290; 280—281 (кольор. табл. 8)

Азбест (гірський льон) — група волокнистих, вогнестійких і кислототривких мінералів, які широко застосовують у промисловості — **128 — 129**, 289; 280 — 281 (кольор. табл. 4)

Аквамарин — мінерал, голубувато-зелена різновидність берилу; дорогоцінний камінь — 130; 128—129 (кольор. табл.)

Алмаз — мінерал, дорогоцінний камінь, за складом — чистий кристалічний вуглець. Штучно огранений прозорий алмаз називають брильянтом — 81—82, **131—133**, 283

Альпійська складчастість — горотворення, яке відбувалося в основному в третинному періоді. Результатом альпійської складчастості було утворення гірських хребтів у Європі (Альпи та ін.), в Азії (Кавказькі гори, Гімалаї та ін.), в Африці (Атлас)— **198**

Алювій — продукти руйнування гірських порід (галечник, пісок, суглинок), що їх переносять і відкладають ріки. З алювіальними відкладами пов'язані розсипні родовища алмазів, золота, платини, каситериту, шеліту, вольфраміту, рутилу, монациту тощо — 49, 54—55, 64, **97**

Алюміній — метал, сріблясто-білого кольору, дуже поширений у земній корі; використовується для одержання легких і міцних сплавів (дюралюміній та ін.). Його найважливіші руди: боксит і нефелін — 98, **122 — 123**

Амалицький, Володимир Прохорович (1860—1917) — російський геолог і палеонтолог; відомий відкриттям (у 1901 р.) кладовища величезних плазунів пермського періоду на берегах Півн. Двіни — 188

Аметист — мінерал, прозора кристалічна різновидність кварцу фіолетового кольору — 130, 280, **290**; 80—81 (кольор. табл.), 280—281 (кольор. табл. 6)

Амоніти — група головоногих молюсків, що у великій кількості водилися в морях юрського періоду — 159 — 161, **191**, 195

Ангідрит — мінерал, за складом — безводний сірчанокислий кальцій, білого і голубуватого кольору, використовують як виробний камінь — **289**; 280 — 281 (кольор. табл. 3)

Андезит — гірська порода, щільна, темно-сіра, утворилася при застиганні вилитої на поверхню магми — 93

Аносов, Павло Петрович (1797—1851)— видатний російський металург; відомий відкриттями світового значення з галузі виробництва високоякісних сталей і геологічними дослідженнями Південного Уралу — 108

Антикліналь — складка шарів гірських порід, звернена опуклим згином вверх; всередині такої складки знаходяться давніші породи, ніж на її крилах — 146, 169, 172, 173, **210**, **216—217**

Антимоніт (сурм'яний блиск) — мінерал, сполука сурми з сіркою; головна руда для одержання сурми — **287**; 280—281 (кольор. табл. 1)

Антрацит — викопне кам'яне вугілля, колір чорний з сильним металічним блиском, містить 89, 5—96, 5% вуглецю; високоякісне паливо — 137, **288**

Антропогеновий період — одна з назв четвертинного періоду, запропонована в 1922 р. О. П. Павловим — 201

Апатит — мінерал, за складом — фосфорнокислий кальцій з хлором і фтором; цінна сировина для фосфатних добрив, широко використовують у хімічній промисловості — **126**, 275, **289**; 280—281 (кольор. табл. 4)

Арарат — величезний згаслий вулкан, що знаходиться в Туреччині — 33

Артезіанські (напірні) води — води, які заповнюють водоносний шар, що лежить між двома водотривкими шарами; найцінніше джерело водопостачання,

[1] Жирним шрифтом показані сторінки, на яких подаються докладніші відомості.

бо запаси їх великі і вони захищені від забруднювання — 60
Архангельський, Андрій Дмитрович (1879—1940) — радянський геолог. Серед численних праць особливо цінні дослідження геологічної будови Європейської частини Радянського Союзу і Середньої Азії — 123
Архейська, або археозойська, ера (архей) — найдавніший етап в геологічній історії Землі; тривалість його близько 1 млрд. років— 161, 167, 178
Археозойські відклади — найдавніші гірські породи, представлені переважно гнейсами, кристалічними сланцями, кварцами, мармурами — 210.
Археологія — наука, що вивчає по пам'ятках матеріальної культури побут і культуру стародавніх народів — 205
Археоптерикс — викопний птах юрського періоду, проміжна форма тварин між птахами і плазунами — 191 — 192; 184 — 185 (табл. 2)
Археорніс (первоптах) — другий екземпляр давнього птаха, виявлений у відкладах юрського періоду; завбільшки з ворону — 191
Археоціати — безхребетні морські тварини з вапняним скелетом; вели нерухомий спосіб життя в морях кембрійського періоду — 161, 180
Архозаври — давні плазуни, одна з найцікавіших груп мезозойських плазунів, що об'єднує крокодилів, динозаврів і літаючих ящерів — 189
Аспідний сланець — метаморфічна гірська порода, різновидність глинистого сланцю, що ділиться на тонкі тверді плитки; прекрасний покрівельний матеріал — 171
Астрагал — трави і чагарники з родини бобових, два види яких ростуть на грунтах, багатих на уран, селен і ванадій — 116
Асфальт — смолиста речовина темно-бурого і чорного кольору; складається із сполук вуглецю з воднем, азоту і кисню — 144, 261
Атол — кораловий острів, що має форму суцільного або розірваного кільця; атоли поширені в теплих морях, особливо в тропічній частині Тихого океану — 70

Базальт — гірська порода, неповнокристалічна, чорного кольору, що утворилася при застиганні вилитої на поверхню магми. За складом близький до габро (див. Габро)— 92 — 93, 235, 237, 293; 288 — 289 (кольор. табл. 2)
Базис ерозії (базис розмиву) ріки — рівень тієї водойми, в яку впадає ріка. Нижче від цього рівня ріка не може заглиблювати свою долину. При зниженні базису ерозії розмивна робота ріки посилюється, і навпаки — 55 — 56
Баранячий лоб — скеля, згладжена і відполірована льодовиком — 77
Барит (важкий шпат) — мінерал, сірчанокислий барій; використовується для приготування білил, емалей, як утяжувач бурових розчинів, наповнювач і т. д.— 124
Бархани — рухливі піщані горби, в плані у вигляді півмісяця, нанесені вітром; утворюються звичайно в пустинях, досягаючи висоти від 0,5 до 200 *м* — 65, 97
Барханні піски — сипучі піски у вигляді барханів, що займають іноді великі площі — 65
Батоліти — величезні масиви глибинних магматичних порід, неправильних обрисів, що залягають на дуже великій глибині — 28, 94, 211, 215
Белемніти (чортові пальці)— викопні тварини з класу головоногих молюсків, жили в мезозойську еру — 160, 161, 191
Бенетити — вимерлі деревовидні рослини юрського і першої половини крейдового періоду — 193
Берил — мінерал з групи силікатів, має кристалічну будову і високу твердість (7—8). Прозорі красиво забарвлені самоцвіти (яскраво-зелений — ізумруд, голубувато-зелений — аквамарин, рожевий — вороб'євіт) — дорогоцінні камені; непрозорі мінерали використовують для одержання берилію — 113, 130; 80 — 81, 128 — 129 (кольор. табл.)
Берилій — рідкісний метал, дуже легкий і має високу температуру плавлення; застосовується в металургії для виготовлення високоякісних сплавів — 110, 113, 271
Бєлоусов, Володимир Володимирович (нар. 1907)— радянський геолог, відомий дослідник в галузі геотектоніки — 244
Біла слюда — див. Мусковіт
Біогенні породи — див. Органогенні породи.
Біогеохімія — наука, що вивчає хімічний склад живих організмів і участь їх у процесах переміщення, розподілу і нагромадження хімічних елементів — 272
Біосфера — область поширення життя на Землі, тобто поверхня Землі, вся гідросфера і частина атмосфери, населені організмами — 272
Біотит (чорна слюда) — мінерал, м'який, тонкопластинчастий, забарвлений переважно в темні тони (від темно-бурого до майже чорного) — 288, 291; 280 — 281 (кольор. табл. 2)
Бісквіт — пластинка неглазурованого фарфору для визначення кольору риски мінералу (тобто кольору його порошку)— 284
Благородні метали — група металів, які не розчиняються в більшості кислот і лугів і не сполучаються з киснем повітря (золото, срібло, платина, іридій, родій, рутеній) — 117 — 120
Блиск металічний — блиск певної групи мінералів, що нагадує собою блиск поверхні свіжого злому металів — 283
Блиск неметалічний — скляний, алмазний, перламутровий, шовковистий і жирний — 283— 284
Блохін, Олексій Олександрович (1898 — 1942) — радянський геолог-нафтовик; відкрив Ішимбайське родовище нафти в Башкирії (в 1932 р.) — 267
Богхед — різновидність викопного вугілля, що утворилося з залишків водоростей — 137
Боксит — осадова порода, багата на водні окисли алюмінію; є головною алюмінієвою рудою, а також рудою розсіяного металу галію — 115, 123, 288, 289; 120 — 121 (кольор. табл.)
Борисяк, Олексій Олексійович (1872 — 1944)— видатний радянський геолог і палеонтолог; засновник і перший директор Палеонтологічного інституту Академії наук СРСР — 197
Брахіоподи — клас плечоногих, безхребетні морські тварини, тіло яких знаходиться в черепашці. Жили в морях палеозойської ери — 161, 180
Брекчія — уламкова гірська порода, що складається

із зцементованих гострокутних уламків різних порід — 97, 292; 288 — 289 (кольор. табл. 1)
Брильянт — див. Алмаз
Бронзи — сплави міді, переважно з оловом, алюмінієм, свинцем, берилієм та ін.; мають велике застосування в машинобудуванні — 121, 207
Буре вугілля — викопне вугілля, являє собою перехідну стадію від викопних торфів до кам'яного вугілля; застосовують як паливо і сировину для хімічної переробки — 137, 287
Бурий залізняк (лимоніт) — загальна назва всіх залізних руд, що складаються з водних окислів заліза. Руди утворюються при розкладі мінералів, що містять залізо (пірит, халькопірит та ін.)— 104, 105, 123, 287, 289; 280 — 281 (кольор. табл. 5)
Бух, Леопольд (1774 — 1853)— знаменитий німецький геолог і палеонтолог — 240 — 241

Валуни — обкатані водою або льодовиком уламки гірських порід — 85, 89, 90, 154, 292
Ванадиніт — мінерал, сполука ванадію, свинцю, хлору і кисню; одна з руд ванадію — 114
Ванадій — метал, сріблясто-білий, тугоплавкий; використовують для одержання спеціальних сталей— 110, 113, 114
Вапнистий шпат — див. Кальцит
Вапняк — осадова гірська порода, що складається з кальциту з незначною домішкою глинистої речовини, окислів заліза тощо. Перекристалізовані вапняки називають мармурами — 87, 98, 166, 292
Везувій — діючий вулкан поблизу міста Неаполя в Італії — 31, 32, 33
«Великий Гейзер» — назва найбільшого гейзера в Ісландії — 35
Вернадський, Володимир Іванович (1863 — 1945)— видатний радянський природодослідник, мінералог і кристалограф, засновник нових наук: геохімії, біогеохімії і радіогеології — 258, 269 — 273, 274
Вернер, Абраам Готліб (1750 — 1817)— знаменитий німецький геолог і мінералог; створив нептунічну теорію утворення гірських порід, за якою останні утворилися з водних осадів — 236 — 237
Верхньо-Чусовські Городки (Урал)— селище на р. Чусовій, де розташовані великі родовища нафти — 267
Верховодка — тимчасові підземні води, що збираються в самих верхніх частинах земної поверхні, куди пропикають атмосферні опади — 60
Виверженні (магматичні) породи — гірські породи; утворюються з магми в результаті її охолодження і кристалізації — 87, 89 — 95
Виклинювання — поступове зменшення потужності пласта або жили до повного зникнення — 98
Викопні організми — тварини і рослини, що були поширені в минулі геологічні епохи — 156 — 160, 177 — 201, 225 — 232
Виноградов, Олександр Павлович (нар. 1896)— радянський геохімік і біогеохімік — 273
Вир — вихрові і колові рухи води в ріках, морях, що утворюються при зустрічі по різному спрямованих течій або при зустрічі течій різної швидкості — 52
Вівіаніт — мінерал, водний фосфат закису заліза; застосовують для удобрення грунтів і як фарбу; трапляється часто в торфовищах — 126, 279
Відносний геологічний вік — час, що вказує послідовність яких-небудь подій в історії Землі — 158, 159, 201, 210
Відслонення — природний або штучний вихід гірських порід з-під наносів — 155, 214 — 216
Вісмут — метал сірого кольору; в природі зустрічається в самородному стані або в сполуці з сіркою; використовують у медицині і парфюмерії — 175; 80 — 81 (кольор. табл.)
Вітер — переміщення повітря, зумовлене нерівномірним його нагріванням і різним атмосферним тиском. Важливий перетворювач поверхні Землі — 62 — 68
Вічна мерзлота — шар гірських порід у земній корі, промерзлий і скутий льодом, що зберігає довгий час (від кількох років до тисячоліть) від'ємну температуру — 61, 156, 164, 278
Вогнетривка глина — жирна глина без вапна і лугів, що має температуру плавлення вище 1580°; при випалюванні дає вогнетривкий матеріал — 47, 138
Водні окисли — група мінералів, що являють собою сполуки окислів різних елементів з водою — 88
Водоносний горизонт—частина пласта або шар гірських порід, насичений водою — 57
Водопроникні породи — гірські породи, що здатні пропускати крізь себе воду (напр., галечник, гравій, піски) — 57
Водотривкі породи — гірські породи, що не пропускають крізь себе воду (напр., глини, масивні нетріщинуваті кристалічні породи) — 57
Вольфрам — важкий тугоплавкий метал сіро-стального кольору; використовують для виготовлення ниток в електролампочки і одержання високоякісних сталей — 111, 113, 212
Вольфрамати — група мінералів, які є природними сполуками вольфрамової кислоти з різними металами (вольфраміт, шеєліт); руди вольфраму — 88
Вольфраміт — мінерал, залізомарганцева сіль вольфрамової кислоти; одна з головних вольфрамових руд; іноді містить метал скандій — 113, 115, 212
Вороб'євіт — мінерал, прозора різновидність берилу рожевого кольору; дорогоцінний камінь — 114, 130; 128 — 129 (кольор. табл.)
Вугленосні басейни — великі родовища кам'яного вугілля — 138 — 140
«Вуглецевий метод» — метод визначення абсолютного геологічного віку гірських порід або археологічних знахідок за кількістю радіоактивного вуглецю в органічних рештках — 163 — 166
Вулкани — звичайно конусоподібної форми гори, що мають на поверхні отвори, по яких з надр виливається розплавлена магма, вилітають уламки порід, гаряча пара і гази — 20, 25 — 33, 175
Вулканізм — усі явища, зумовлені діяльністю магми як на глибині, так і на поверхні Землі — 25 — 33, 173
Вулканіти — див. Плутоніти
Вулканічне скло (обсидіан) — вилита вулканічна порода темного і оксамитово-чорного кольору, що має характерний раковистий злом і склувату будову — 93, 154, 292; 288 — 289 (кольор. табл. 2)

Вулканічний туф — гірська порода, що утворилася з твердих продуктів вулканічних вивержень; дуже цінний будівельний матеріал — 28, 154; 288 — 289 (кольор. табл. 2)
Вулканічні бомби — застиглі куски лави, різної величини, веретеноподібної форми, викинуті при виверженні вулканів — 28
Вулканічні (вилиті, ефузивні) породи — породи, що утворилися на поверхні і поблизу неї при застиганні магми, вилитої з жерл вулканів або з тріщин — 92 — 93
Вулканологічні станції (обсерваторії) — станції, де учені ведуть постійні спостереження за вулканами — 26
Вулканологія — геологічна наука, що вивчає утворення вулканів, їх розвиток, поширення, а також склад продуктів вулканічних вивержень — 26

Габро — глибинна магматична вивержена порода темного кольору, що складається з польових шпатів і темнокольорових мінералів (рогової обманки) — 91, 169, 292; 288 — 289 (кольор. табл. 2)
Газове знімання — метод розшуків газо-нафтових родовищ; базується на наявності підвищеного вмісту вуглеводневих газів у підгрунтових шарах у районі, де є родовища нафти або газу — 223
Галеніт (свинцевий блиск) — мінерал, сполука свинцю з сіркою; головна свинцева руда — 86, 121, 285, 287; 280 — 281 (кольор. табл. 1)
Галечник — гірська порода, що являє собою пухке незцементоване скупчення річкової або морської гальки — 57
Галоїдні сполуки — група мінералів, які є природними сполуками фтористоводневої і соляної кислот з металами (флюорит, кам'яна сіль, сильвін та ін.)— 88
Галька — окатані водою уламки гірської породи, розміром від 1 до 10 *см* — 57, 68, 96, 291, 292
Гейзер — гаряче джерело, розташоване звичайно в районі, де є діючі вулкани; періодично викидають на значну висоту гарячу воду і пару — 33 — 37
Гейзерит — мінеральні відклади гейзерів — 34
Гекла — діючий вулкан в Ісландії — 32
Гелікопріон — викопна риба, яка належить до примітивної групи акул — 257, 263
Геліодор — мінерал, різновидність берилу, золотистого кольору; дорогоцінний камінь — 130; 128 — 129 (кольор. табл.)
Гематит (залізний блиск, червоний залізняк) — мінерал, окис заліза; характерний вишнево-червоний колір риски; цінна залізна руда — 104, 105, 287, 289, 290; 280 — 281 (кольор. табл. 1)
Геологічна діяльність води — здатність підземних вод розчинювати хімічно нестійкі породи (вапняки, гіпс, кам'яна сіль та ін.). Мінералізовані води своїм впливом можуть перетворювати одні мінерали в інші — 56 — 57
Геологічна епоха — проміжок часу, на протязі якого утворився певний комплекс гірських порід — 156, 161
Геологічна історія Землі — історія розвитку Землі з моменту утворення земної кори — 201
Геологічна розвідка — гірничі і бурові роботи, які проводять з метою встановлення кількості і якості корисних копалин, умов їх залягання — 19, 140, 147, 150
Геологічне знімання — спосіб вивчення геологічної будови верхніх частин земної кори, в результаті чого складають геологічну карту і розрізи (профілі) — 18 — 19, 214
Геологічний розріз (профіль) — графічне зображення на вертикальній площині форми залягання гірських порід — 216 — 217
Геологічні експедиції — експедиції з метою вивчення геологічної будови певного району, виявляння корисних копалин і решток вимерлих тварин — 210, 226 — 232
Геологічні карти — карти, на яких показано поширення вивержених і осадових порід різного віку — 209 — 211, 168 — 169 (карта)
Геологічні конгреси — міжнародні з'їзди геологів, на яких обговорюють найновіші геологічні проблеми; під час конгресів проводять наукові геологічні екскурсії — 210
Геологія — наука про склад і будову кам'яної оболонки Землі, її походження, формування «лиця» Землі і розвиток органічного світу — 17 — 20
Геосинкліналь — рухлива область земної кори, в межах якої відзначається інтенсивне складкотворення і магматична діяльність, область тривалого прогинання і нагромадження потужних товщ морських осадів — 170, 174, 176, 244
Геотектоніка — див. Тектоніка
Геофізичні методи розвідування корисних копалин — методи розвідування корисних копалин, що базуються на використанні різних фізичних властивостей гірських порід: магнітних, електричних, радіоактивних, теплових тощо — 18, 21, 221 — 223
Геохімія — наука про хімічний склад і закони розподілу, поєднання і переміщення хімічних елементів земної кори — 18, 205, 258, 271
Геохронологічна таблиця — таблиця, що показує розміщення в певній послідовності умовних відрізків часу, на які поділяють історію Землі — 161, 200
Герцинське горотворення — утворення гір, що відбулося в кінці карбону і на початку пермі — 187
Геттон, Джемс (1726 — 1797) — видатний шотландський натураліст-геолог; засновник школи геологів-плутоністів («вулканістів»), який установив, що всі масивні кристалічні породи утворилися при застиганні розплавленої магми — 237
Гідрогеологія — галузь геології, що вивчає утворення, склад, діяльність і поширення підземних вод — 19, 62, 270
Гідросфера — водна оболонка Землі, що включає моря, океани, ріки, озера і підземні води — 22, 272
Гідротермальні жили — мінеральні речовини, що випали з гарячих водних магматичних розчинів у тріщинах земної кори — 95
Гінкгові — обширний клас голонасінних рослин, споріднених з хвойними, але відрізняються від них формою листя. Основний розвиток їх відбувався в мезозойську еру — 193
Гіпаріон — викопний трипалий кінь, який водився в степових просторах Землі в кінці третинного періоду — 198, 202, 230; 192 — 193 (табл. 7)
Гіпотеза О. Ю. Шмідта — гіпотеза, згідно з якою планети, в тому числі і Земля, утворилися з хмар космічного пилу, що обертався колись навколо

Сонця. Земля напочатку була в холодному стані — 21
Гіпотеза стискання Землі — див. Контракційна гіпотеза
Гіпоцентр — вогнище, або місце виникнення, землетрусу всередині Землі. Глибина його до 100 *км*, рідко до 700 *км* — 39
Гіпс — мінерал, водний сірчанокислий кальцій, дуже м'який (твердість 1,5 — 2); застосовують у будівництві, для скульптурних робіт, у хірургії і т. д.— 57, 128, 284, 288, 293
Гірничий компас — прилад для визначення елементів залягання гірських порід — 214
Гірничий промисел — видобування різних корисних копалин — 245 — 250
Гірська складка — див. Складки гірських порід
Гірський кришталь — мінерал, водяно-прозорий безбарвний кварц— 125, 130, 280, 289; 80 — 81 (кольор. табл.), 280 — 281 (кольор. табл. 6)
Гірський льон — див. Азбест
Гірський папір (полигорскіт) — мінерал, волокнистий, м'який; до його складу входять кремній, магній, алюміній і кисень — 280
Гірські породи — скупчення одного мінералу або закономірні поєднання кількох мінералів, що складають значні ділянки земної кори. Прості гірські породи складаються з одного мінералу. Складні гірські породи складаються з кількох мінералів — 89 — 102, 155, 209, 290 — 293
Гори брилові — гори, утворені скидами, що розбили земну кору на брили; виникають на місці платформ (див. Платформи) — 176
Гори складчасті — гори, складені з порід, зім'ятих у складки; виникають у геосинклінальних, тобто рухливих, ділянках земної кори — 170, 176
Горотворення — процес утворення гір в результаті складного і різноманітного переміщення шарів земної кори — 170, 243 — 244
Горст — височина, піднята ділянка земної кори, обмежена скидами — 171, 176
Горючі гази — прекрасне паливо, широко використовують у хімічній промисловості; ці гази часто зустрічаються вкупі з нафтою в надрах Землі — 144 — 152
Горючі корисні копалини — горючі гірські породи (торф, вугілля, горючі сланці, нафта), що утворилися з решток організмів і продуктів їх розкладу — 133 — 152
Горючі сланці — гірські породи (глинисті, піскуваті і вапнякові), що відрізняються сланцеватою будовою і горючістю; використовують як місцеве паливо, а також як сировину для перегонки і одержання газу, бензину, гасу тощо — 150
Грабен — опущена ділянка земної кори, обмежена скидами — 176
Гравій — пухка гірська порода, що складається з уламків порід і мінералів різної окатаності, розмір їх від 2 до 10 *мм* — 291, 292
Гравіметр — прилад для вимірювання зміни сили тяжіння — 221
Гравітаційна розвідка корисних копалин — геофізичний метод шукання і розвідування корисних копалин, заснований на вимірюванні сили тяжіння — 221
Гранат — мінерал різних кольорів (червоного, зеленого, жовтого та ін.), складної будови; має дуже велику твердість (6,5—7,5), що дає можливість використовувати його як полірувальний матеріал. Прозорі, гарно огранені різновидності — напівдорогоцінні камені — 100, 132, 290; 280 — 281 (кольор. табл. 5)
Граніт — глибинна магматична кристалічна вивержена гірська порода, що складається переважно з польового шпату, кварцу, а також рогової обманки і слюди — 47, 79, 89 — 91, 292; 288 — 289 (кольор. табл. 1)
Гранітогнейс — метаморфічна гірська порода, перехідна від справжніх гранітів до смугастих їх різновидностей — гнейсів — 102
Граптоліти — вимерлий клас кишечнопорожнинних — 161, 181
Графіт — мінерал, різновидність чистого вуглецю, дуже м'який; має цінні властивості: високу теплоелектропровідність і вогнетривкість — 81 — 82, 287, 288
Грязеві вулкани (сальзи) — сопки, з яких періодично або безперервно виділяються газ, вода і грязь, що являє собою рідку глину; звичайно пов'язані з родовищами нафти — 266, 267
Губки — тип нижчих багатоклітинних морських водяних тварин; відомі з кембрійського періоду — 161, 178, 180
Губкін, Іван Михайлович (1871 — 1939)— видатний радянський учений-геолог, один з основоположників геології нафтових і газових родовищ — 147, 150, 265 — 269

Давні моря — моря, що існували в минулі епохи, про що свідчать морські осади з морською фауною на території сучасної суші — 72, 211, 252
Девонський період (девон) — третій період палеозойської ери — 161, 184
Девоншір — графство на південному заході Великобританії, де вперше були описані відклади девонського періоду — 184
Делювій — пухкі продукти вивітрювання гірських порід, переміщені по схилах гір і горбів під впливом власної ваги, а також атмосферними опадами — 49
Демаре́, Ніколá (1725 — 1815)— французький учений-геолог; установив вулканічне походження базальту — 235 — 236
Дендрити — деревовидні форми кристалів; утворюються при швидкій кристалізації мінералів — 80 — 81 (кольор. табл.)
Дзеркало грунтових вод — водна поверхня у свердловинах, колодязях та інших виробках — 57
Дзьобоголові — ряд давніх плазунів. Тепер відомий один рід їх — гатерія, в Новій Зеландії — 190
Диметродон — викопний хижий плазун з групи динозаврів — 189; 184 — 185 (табл. 1)
Димчастий кварц — мінерал, різновидність кварцу, димчасто-сірого забарвлення; виробний камінь — 95; 280 — 281 (кольор. табл. 6)
Диніхтис — викопна велетенська панцирна акулоподібна риба; була поширена в девоні — 184
Динозаври — велика група викопних наземних плазунів, які жили в мезозойську еру — 161, 189, 190, 194, 226; 224 — 225 (кольор. рис.)
Диноцерат — викопна копитна тварина, що жила на початку третинного періоду — 196, 229

Диноцефал — викопний звіроподібний плазун, знайдений у відкладах кінця пермського періоду — 176 — 177 (карта)
Диплодок — викопна велетенська тварина з групи динозаврів, які жили в юрському періоді — 192
Дислокації — порушення первісного залягання пластів (складки, розриви, скиди і т. д.)— 169
Дицинодонт (двоіклозуб)— викопний травоїдний звіроподібний плазун; відомий у відкладах пермського і третинного періодів — 188
Діатомеї — одноклітинні водорості з крем'яним панциром; живуть у прісній воді і морях — 97
Діатоміт — легка кремениста осадова гірська порода жовтого і світлого кольору; складається з крем'яних стулок діатомей, радіолярій; використовують у будівельній, харчовій, хімічній промисловості — 97
Діорит — глибинна вивержена кристалічна гірська порода, що складається переважно з плагіоклазу і рогової обманки — 91, 292; 288 — 289 (кольор. табл. 1)
Долина льодовикова (трог)— долина, що утворилася в результаті руїнницької діяльності льодовика при його переміщенні; звичайно має коритоподібну форму — 74
Долина річкова — форма рельєфу, що утворилася в результаті руїнницької діяльності рік — 49, 53
Доломіт — мінерал, за складом — магнієвий карбонат; осадова гірська порода, що складається з мінералу доломіту з домішкою кальциту; використовують як вогнетривкий матеріал у металургії, хімії і скляному виробництві — 288 — 289, 292
Дорогоцінні камені — мінерали, безбарвні або красиві самоцвіти, для яких характерна прозорість, висока твердість, кристалічна форма і властивість добре огранюватися. До них належать: брильянт (огранений алмаз), рубін і сапфір (червона і синя прозорі різновидності корунду), ізумруд (берил, звичайно яскраво-зелений) — 85, 129, 130, 131 — 132; 128 — 129 (кольор. табл.)
Дріопітек — давня людиноподібна мавпа, предок сучасних горил і шимпанзе — 205
«Друге Баку» — застаріла назва Волго-Уральського нафтового району (розташований між Волгою і Уралом) — 150
Дуніт — глибинна кристалічна гірська порода, що складається головним чином з мінералу олівіну — 91, 120, 292; 288 — 289 (кольор. табл. 2)
Дюни — горби і пасма піску, що утворилися в результаті діяльності вітру на піщаних берегах морів і рік — 66
Дюралюміній (дуралюмін, дюраль) — сплав алюмінію з міддю, магнієм, марганцем, кремнієм та іншими елементами — 123

Евглена зелена — найпростіша одноклітинна тварина, належить до джгутикових організмів — 179
Еласмозавр — викопна тварина з родини довгошиїх плезіозаврів (морських плазунів); знайдений у крейдових відкладах — 192
Еласмотерій — викопна тварина з групи носорогів; знайдений у четвертинних відкладах — 198, 202, 204; 184 — 185 (табл. 8)
Електророзвідування корисних копалин — один з геофізичних методів розвідування, базується на тому, що різні породи мають різну електропровідність — 221, 222
Емпедокл (бл. 490 — 430 рр. до н. е.)— грецький філософ; доводив, що всередині Землі породи перебувають у розплавленому стані; загинув під час сміливої подорожі в надра кратера вулкана Етни — 20
Епіцентр — ділянка на поверхні Землі, що розташована над глибинним вогнищем землетрусу (гіпоцентром); у ньому сила підземних поштовхів досягає найбільшої величини — 39, 40
Епоха геологічна — див. Геологічна епоха
Ера в геології — один з п'яти найбільших етапів в історії формування земної кори, рослинного і тваринного світу — 158, 161, 167
Ерозія — руйнівна робота, яку проводять текучі води і льодовики — 51, 52
Естуарії — воронкоподібно розширені гирла рік у місцях впадіння їх у море — 50
Ефузивні породи — див. Вулканічні породи

Єремєєв, Павло Володимирович (1830 — 1899)— видатний російський мінералог — 256

Жила — мінеральне тіло, що заповнює тріщину в земній корі. Жила утворюється застиглою магмою або мінералами, що випали з гарячих магматичних, рідше з холодних розчинів — 94 — 95

Забій — кінець гірничої виробки, шурфу, штольні, шахти або свердловини. Забій переміщується в процесі проходки виробки — 19
Залізисті кварцити — сильно метаморфізовані дуже щільні давні гірські породи; утворюються в результаті зміни пісковиків, що містять окисли заліза; при вмісті заліза більше 45% використовують як залізну руду — 102, 105
Залізний колчедан — див. Пірит
Залізні руди — мінерали і гірські породи, що містять від 27 до 72% заліза; найважливіші: магнетит,

сидерит, гематит, бурі залізняки, залізисті кварцити — 98, 102, 104 — 106
Залізо — елемент, рідко зустрічається в самородному вигляді; в сполуках розповсюджене дуже широко — 103, 106 — 108
Зауролоф — викопна велетенська тварина з групи качконосих динозаврів; мешканець водних басейнів крейдового періоду — 194
Збагачування корисних копалин — обробка мінеральної сировини, що полягає у відокремленні порожньої породи від корисного мінералу; проводять на збагачувальних фабриках — 105, 138
Землетрус — коливання окремих ділянок земної кори, пов'язані з переміщенням пластів земної кори або з виверженням вулканів — 21, 38 — 44, 175, 259
Земна кора (літосфера)— тверда зовнішня оболонка Землі, завтовшки 50 — 60 *км* — 21, 99, 178
Земноводні (амфібії)— клас хребетних, представники якого в личинковому стані ведуть водний спосіб життя і дихають зябрами, а в дорослому стані дихають легенями. Відомі з кінця девону — 161, 186
Зерниста будова породи — характерна для деяких магматичних і метаморфічних порід, що складаються тільки з кристалічних зерен — 90, 91, 291
Злом — форма поверхні, що утворилася при розколюванні мінералів і гірських порід. Відрізняють рівний злом (у слюд, гіпсу), ступінчастий (у свинцевого блиску, польових шпатів), нерівний (в апатиту), скабистий (у роговика, азбесту), раковистий (в обсидіану, халцедону та ін.)— 286, 291
Золото — благородний метал; у природі зустрічається звичайно в самородному вигляді з домішкою срібла та ін. металів — 117 — 119; 80 — 81, 120 — 121 (кольор. табл.)
Зюсс, Едуард-Фрідріх (1831 — 1914) — видатний австрійський геолог; у праці «Обличчя Землі» узагальнив усі спостереження, відомі геологам його часу — 243 — 244

Ігуанодон — величезний викопний рослиноїдний плазун з групи динозаврів; існував на протязі юрського і крейдового періодів — 194
Ізотопи — атоми одного і того ж хімічного елемента, що мають однаковий заряд ядра і однаковий порядковий номер у Періодичній системі елементів Д. І. Менделєєва, але різну атомну вагу — 271
Ізумруд — мінерал, зелена прозора різновидність берилу; дорогоцінний камінь — 130, 128 — 129 (кольор. табл.)
Ільменіт (титанистий залізняк)— мінерал, що складається з титану, заліза і кисню; руда заліза і титану — 106, 114
Іностранцев, Олександр Олександрович (1843—1919)— видатний російський геолог; уславився геологічними дослідженнями північних районів Європейської частини Росії; один з перших широко застосував мікроскоп для вивчення гірських порід — 188, 256
Іностранцевія — викопна тварина з родини хижих плазунів; названа на честь геолога О. О. Іностранцева; знайдена в відкладах пермського періоду — 188; 224 — 225 (кольор. рис.)
Іридій — рідкісний благородний метал, сірувато-білого кольору, дуже тугоплавкий — 120
Ісландський шпат — мінерал, безбарвна і прозора різновидність кальциту; для нього властиве сильне подвійне променезаломлення; використовують в оптиці і приладобудуванні — 82, 125
Історична геологія — геологічна наука, що вивчає і встановлює події, які відбувалися на Землі в далекі часи (утворення гірських порід, горотворні рухи, розвиток живих організмів і т. д.), і їх послідовність — 153, 160, 238
Іхтіозаври — викопні морські плазуни, знайдені у відкладах тріасового, юрського і крейдового періодів — 161, 190; 184 — 185 (табл. 2)
Іхтіорніс — викопний птах крейдового періоду, схожий на сучасного мартина — 195

Казбек — згаслий вулкан на Кавказі — 25, 171, 172
Кайнозойська ера (кайнозой) — останній великий етап у геологічній історії земної кори, який поділяють на четвертинний і третинний періоди — 161, 196 — 198
Каламіти—викопні деревовидні хвощові рослини; максимального розвитку досягли в кам'яновугільному періоді — 187
Каледонська складчастість — горотворення в кембрійському і силурійському періодах — 182
Калій — метал, легкий і м'який; хімічно дуже активний; у природі зустрічається тільки у вигляді сполук; використовують для виробництва фотоелементів, у хімічній промисловості, в сільському господарстві і біології — 27, 87, 162
Калійні солі — група мінералів, що містять калій (сильвін, карналіт тощо). Використовують для виготовлення мінеральних добрив і в хімічній промисловості — 72, 124, 125, 168, 286
Кальцит (вапнистий шпат) — мінерал, широко розповсюджений у природі, карбонат кальцію. Прозора безбарвна різновидність кальциту — ісландський шпат — 280, 284, 288, 291; 280 — 281 (кольор. табл. 3)
Кам'яна сіль (галіт)— мінерал, хлористий натрій; використовують у харчовій, хімічній, шкіряній промисловості — 57, 72, 125, 127 — 128, 292
Кам'яне вугілля — гірська порода рослинного походження; утворилось з рослинної речовини під великим тиском без доступу повітря — 136 — 144, 167, 188, 287
Кам'яний вік (палеоліт)— епоха в історії розвитку людської культури, коли люди користувалися знаряддями, виготовленими дуже грубо з каміння; почався приблизно 800 тис. років до н. е., закінчився на Стародавньому Сході близько 6 тис. років до н. е. і в Європі 4,5 тис. років до н. е.— 18, 204
«Кам'яний пояс» — давня назва Уральського хребта — 248
Кам'яні будівельні матеріали — різноманітні гірські породи, які застосовують у житловому і промисловому будівництві (глина, пісок, гравій, граніти;

базальти, мармури, вапняки тощо)— 93, 99, 102, 125
Кам'яновугільний період (карбон)— четвертий період палеозойської ери геологічної історії Землі. Для нього характерний розвиток буйної наземної рослинності і численних земноводних — 139, 161, 186 — 187
Каолін — осадова гірська порода білого кольору, складається головним чином з мінералу каолініту — 124, 125
Каолініт — глинистий мінерал, що складається з алюмінію, кремнію і кисню — 47, 288
Каптаж — споруди на місці виходу джерела підземних вод у вигляді колодязя або свердловини для захисту води від забруднення — 59
Кара-Богаз-Гол — затока на східному узбережжі Каспійського моря; одно з найважливіших джерел одержання мірабіліту — 98, 128
Карагандинський вугільний басейн — найбільше родовище кам'яного вугілля в Казахстані; одна з основних вугільних баз Радянського Союзу — 140
Карат—вагова одиниця для дорогоцінних каменів, дорівнює 0,2 *Г* — 125, 132
Карбон — див. Кам'яновугільний період
Карбонати — група мінералів; природні сполуки вугільної кислоти з металами (кальцит, сидерит, магнезит тощо)— 88
Кар'єр — гірнича виробка для видобування корисних копалин відкритим способом (кар'єри для видобування піску, глини, гравію, мармуру тощо) — 142, 156
Карналіт — мінерал, хімічний морський осад, що складається з калію, магнію, хлору і води; найважливіше джерело для одержання калію і магнію — 123, 128, 288; 120 — 121 (кольор. табл.)
Карпінський, Олександр Петрович (1847 — 1936)— видатний радянський геолог, основоположник радянської геології; президент Академії наук СРСР з 1917 по 1936 р.— 257, 262 — 264
Карст — вапнякове плато; карст — сукупність явищ, пов'язаних з діяльністю води: утворення печер, пустот, воронок у легко розчинних породах (в гіпсах, вапняках, кам'яній солі)— 57
Карти геологічні — див. Геологічні карти
Карти палеогеографічні — див. Палеогеографічні карти
Каситерит (олов'яний камінь)— мінерал, сполука олова з киснем; найважливіша олов'яна руда — 121 — 122; 120 — 121 (кольор. табл.)
Катастрофісти — прихильники теорії катастроф, поширеної на початку XIX ст. За цією теорією, в геологічній історії Землі періодично виникали катастрофи, які змінювали обличчя Землі і знищували все живе на Землі — 240
Кварц — мінерал, що найбільш поширений у земній корі, окис кремнію. Прозорі кристали безбарвного кварцу називають гірським кришталем — 87, 90, 123, 130, 131, 289, 290; 280 — 281 (кольор. табл. 6)
Кварцит — метаморфізована осадова гірська порода, утворена з кварцового пісковика — 102, 154 ,169, 172; 280 — 281 (кольор. табл. 3), 288 — 289 (кольор. табл. 1)
Кварцовий пісок — пухка уламкова гірська порода, що складається з кварцових зерен з незначною домішкою глини, зерен польових шпатів і слюди— 125
Кварцові порфіри — давні магматичні вилиті гірські породи з тонкозернистою, щільною,бурого кольору основною масою, в якій розміщуються кристали кварцу і калієвого польового шпату — 93
Кембрійський період (кембрій)— перший період палеозойської ери — 161, 179
Керн — циліндричний стовпчик породи, який одержують при колонковому бурінні і витягують на поверхню — 132
Керченське родовище руд — одно з найбільших у світі родовищ залізних руд (лимоніту); в них присутні також марганець і ванадій — 105
Кистепері риби — викопний підклас риб (тепер існує один рід кистеперих риб — латимерія); були дуже поширені в палеозойський час — 185
Кімберліт — магматична гірська порода, що складається з олівіну, піропу, слюди, серпентину та інших мінералів, часто містить алмази — 132
Кіновар — мінерал, сполука ртуті з сіркою; руда ртуті — 289
Ключевська сопка — найвищий діючий вулкан в СРСР, на Камчатці — 28, 29, 31
Кобальт — метал сірого кольору з червонуватим відтінком, тугоплавкий, твердість більша, ніж у заліза. Використовують для виготовлення спеціальних сталей і сплавів, а також фарб — 130
Ковалевський, Володимир Онуфрійович (1842—1883)— видатний російський біолог-дарвініст, засновник еволюційної палеонтології — 262
Кокс — горючий матеріал, який одержують в результаті сухої перегонки кам'яного вугілля (а також торфу і бурого вугілля) без доступу повітря; використовують при виплавлянні чавуну в доменних печах, для виготовлення електродів тощо — 109, 142 — 143
Кокшаров, Микола Іванович (1818 — 1892)— російський мінералог, описав багато мінералів з дуже точними кристалографічними вимірюваннями — 253, 255, 256
Колір риски — характерна ознака мінералу; утворюється при проведенні мінералом по неглазурованій фарфоровій пластинці — 284, 286
Колодязі артезіанські — свердловини для використання глибинних вод, що виходять на поверхню під напором — 60
Кольорові метали — група металів, до якої належать: мідь, свинець, цинк, алюміній, магній тощо — 117, 120—123
Конгломерат — осадова гірська порода, що складається з обкатаних уламків, гальки різних порід, зцементованих окислами заліза, глиною, кремнеземом тощо — 96, 292; 288 — 289 (кольор. табл. 2)
Контакт — поверхня дотику різних гірських порід — 27, 100
Контракційна гіпотеза — вчення про стискання земної кори в результаті охолодження, чим пояснюються коливні рухи, розривні порушення: тріщини, розломи, зсуви і т. д.— 244
Корали — морські безхребетні тварини типу кишечнопорожнинних; мають масивний вапняний скелет; існують з силурійського періоду — 70, 97, 161, 181
Коралові рифи — скелясті споруди, утворені коралами; особливо поширені в тропічній частині Тихого океану — 70, 97
Кордаїти — викопні величезні деревні рослини (кам'яновугільного і пермського періодів) — 188
Кордільєрський льодовиковий центр — один з центрів зледеніння Півн. Америки в четвертинному періоді — 203
Кореневіжки — клас найпростіших тварин, що утво-

рюють чотири ряди; амеби, сонцевики, форамініфери і радіолярії. Багато з них має кременевий або вапняний скелет — 69, 71
Корисні копалини — природні скупчення в земній корі мінералів або гірських порід, що являють інтерес для народного господарства і використовуються промисловістю — 27, 103 — 152, 201, 218, 245
Корунд — мінерал, окис алюмінію (глинозем); характеризується дуже високою твердістю — 85, 129, 284; 128 — 129 (кольор. табл.)
Котилозаври — найдавніша і примітивно складена група плазунів. Існували з кам'яновугільного до тріасового періоду — 161, 188
Котласія — викопна тварина, перехідна форма від земноводних до плазунів. Знайдена в пермських відкладах поблизу м. Котласа — 189
Кратер вулкана — газоподібна западина з крутими стінками, якою закінчується жерло вулкана (канал, що сполучає вогнище вулкана з поверхнею Землі)— 20, 26
Крейда — осадова гірська порода, складається з уламків вапняних скелетів найдрібніших організмів; використовується в цементному, скляному, гумовому, паперовому та інших виробництвах— 98, 124, 211, 292
Крейдовий період (крейда)— останній період мезозойської ери — 161, 189, 193 — 196
Крекінг — установка для переробки нафти і важких нафтопродуктів, щоб одержати бензин — 145
Кремінь — приховано-кристалічна різновидність кварцу з домішкою глини, піску та інших речовин — 131, 280, 290, 292; 280 — 281 (кольор. табл. 6)
Кремнезем — сполука кремнію з киснем; у природі поширений у вигляді кварцу і його різновидностей — 130
Кремній — хімічний елемент, найбільш поширений у земній корі після кисню; входить до складу більшості гірських порід — 87
Креодонти — викопні примітивні хижі ссавці, які жили в третинний період — 161, 197
Кристалізація — процес утворення і росту кристалів— 82 — 84
Кристалічні породи — див. Зерниста будова породи
Кристалічні сланці — метаморфічні гірські породи, що виникли в результаті перекристалізації осадових або магматичних гірських порід — 101, 168 — 169
Кристали — тверді тіла, що мають природну многогранну форму, яка зумовлюється їх внутрішньою будовою — суворо визначеним розташуванням атомів — 79 — 85
Кристалографія — наука, що займається вивченням форми кристалів, їх властивостей, умов утворення і т. д.— 256
Кріоліт — мінерал, до складу якого входять натрій, алюміній і фтор; у природі зустрічається рідко; штучно виготовляється у великій кількості для алюмінієвої промисловості — 88
Кропоткін, Петро Олексійович (1842—1921)— видатний географ, дослідник Східної Азії; створив теорію зледеніння Землі — 243
Курська магнітна аномалія — найбільше в світі родовище залізистих кварцитів — 102, 104 — 105
Кучеряві скелі — заокруглені і відполіровані льодовиком скелі — 77
Кюв'є, Жорж (1769 — 1832)— видатний французький палеонтолог; створив гіпотезу катастроф у геологічній історії Землі — 238 — 240
Кюрі, П'єр (1859 — 1906)— видатний французький фізик; відкрив елементи радій і полоній, вивчав явище радіоактивності елементів — 112, 258
Кюрі-Склодовська, Марія (1867 — 1934)— видатний польський хімік і фізик; дружина П'єра Кюрі, спільно з яким відкрила нові елементи — радій і полоній — 112, 258

Лабрадор — мінерал, натрієво-кальцієвий польовий шпат, красивий облицьовувальний камінь — 290; 280 — 281 (кольор. табл. 5)
Лабрадорський льодовиковий центр — крайній східний центр зледеніння Півн. Америки в четвертинному періоді; знаходився на п-ві Лабрадор — 202
Лава — розжарена рідка або дуже в'язка магма, що виливається на поверхню при виверженні вулканів — 26, 28, 41, 89, 154
Лавові сльози — застиглі в кам'яні краплі бризки рідкої лави, що утворилися при виверженні вулканів — 28
Лагуна — мілководна затока, відокремлена від моря косою, а також озеро всередині кільцеподібних коралових о-вів або всередині затопленого кратера вулкана — 70
Лайєль, Чарлз (1797 — 1875)— видатний англійський геолог; вважав, що всі зміни, що відбуваються в земній корі, викликані тими ж геологічними силами, які діють і тепер — 241 — 242
Лаколіти — хлібоподібної форми масиви магматичних порід, що застигли на незначній глибині. Осадові породи, що вкривають лаколіт, бувають куполоподібно підняті — 28, 94
Лапілі — уламки лави, викинуті при виверженні вулканів; завбільшки з горошину або лісовий горіх — 28
Левінсон-Лессінг, Франц Юлійович (1861 — 1939) — видатний радянський петрограф — 256
Легкоплавкі рідкісні метали — група рідкісних металів (літій, рубідій, цезій) з дуже низькою температурою плавлення (в цезію — 28°,5)— 110, 115
Леонардо да Вінчі (1452 — 1519)— геніальний італійський художник, інженер і вчений епохи Відродження — 234
Лепідодендрони — викопні деревні рослини карбону, залишки яких є найважливішою складовою частиною пластів кам'яного вугілля — 187
Лепьохін, Іван Іванович (1740—1802)— географ і геолог, який поділяв погляди М. В. Ломоносова на будову Землі — 253
Лес (жовтозем)— гірська порода, що складається з дрібнісіньких частинок глини, піску, гідроокислів заліза, вуглекислого кальцію та ін.— 67 — 68, 97
Лимоніт — див. Бурий залізняк
Лігніт — викопне буре вугілля, що складається з викопної обвугленої в результаті гниття деревини — 137
Ліпарит — світла вилита магматична гірська порода, за своїм складом подібна до граніту — 93, 291, 293; 288 — 289 (кольор. табл. 2)
Літаючі ящери (птерозаври)— викопні тварини, що належать до ряду плазунів; жили на протязі юрського і крейдового періодів— 189, 192, 195

Літосфера — див. Земна кора
Ломоносов, Михайло Васильович (1711 — 1765)— геніальний російський учений-енциклопедист, основоположник геологічної науки в Росії — 147, 157, 236, 251 — 253
Льодовики — скупчення льоду на земній поверхні, що перебувають у русі — 72 — 78, 154, 203, 242, 243
Льодоспад — ділянка льодовика на місці перетину ним крутого уступу (порогу) долини — 75

Магма — розплавлена вогняна маса складної будови, що знаходиться глибоко в надрах Землі. При остиганні і твердінні магми в земній корі і на її поверхні утворюються магматичні породи і мінерали — 27, 89
Магматичні породи — див. Вивержені породи
Магнезит — мінерал, карбонат магнію, цінна корисна копалина — 123, 129
Магнетит — див. Магнітний залізняк
Магній — метал сріблясто-білого кольору; порошок магнію горить дуже яскравим полум'ям, даючи температуру 3000°. Використовують для одержання дуже легких сплавів — 123
Магнітне розвідування корисних копалин — геофізичний метод розшуків і розвідування корисних копалин, заснований на магнітних властивостях гірських порід і мінералів — 221
Магнітний залізняк (магнетит)— мінерал, сполука заліза з киснем; найважливіша руда заліза — 103 — 104, 221, 286, 287; 280 — 281 (кольор. табл. 1)
Малахіт (мідна зелень)— мінерал, карбонат міді, красивого зеленого кольору; цінний виробний камінь і руда міді — 120, 125, 286, 289; 280 — 281 (кольор. табл. 2)
Мамонт — вимерлий представник групи слонових; жив у четвертинний час — 156, 198; 160 — 161 (кольор. рис.)
Мамонтове дерево (секвойя)— рід хвойних дерев; був дуже поширений у крейдовий і третинний час. Відомі два види секвойї в Каліфорнії — 193
Марганець — метал сріблясто-білого кольору, тугоплавкий, крихкий; використовують у металургії для одержання високоякісних спеціальних сталей — 103, 105
Марганцеві руди — мінерали, окисли марганцю, в яких вміст його досягає 49 — 63% — 98, 106
Марказит — мінерал, сполука заліза з сіркою; використовують для одержання сірчаної кислоти — 280
Мармур — метаморфічна гірська порода різного кольору, що утворилася в результаті метаморфізму (перекристалізації) вапняків — 80, 102, 169, 292; 288 — 289 (кольор. табл. 1)
Мастодонзавр — найбільша викопна земноводна тварина, яка жила в тріасовому періоді — 189
Мастодонти — викопні ссавці з групи хоботних; жили в третинному і четвертинному періодах — 198, 202
Мауна-Лоа — діючий вулкан на о-ві Гавайї в Тихому океані — 31
Мегантроп — викопна людиноподібна мавпа, знайдена в давньочетвертинних відкладах на о-ві Яві — 202
Мезозойська ера (мезозой)— четвертий великий етап геологічної історії Землі, тривалістю близько 120 млн. років; поділяється на три періоди: тріасовий, юрський і крейдовий — 161, 167, 189 — 196
Мергель — осадова гірська порода, що складається з кальциту (до 60%), рідше — доломіту і глинистого матеріалу; застосовують для виробництва цементу і в сільському господарстві — 97
Мерзлотознавство — наука про умови утворення і поширення вічної мерзлоти, її властивості і способи захисту від неї — 61, 259
Металометрія — метод геологорозшукового знімання, яке проводять з метою виявлення ділянок з багатим вмістом руд, заснований на тому, що навколо рудних тіл у грунті помічається підвищений вміст металу — 223
Метаморфізм—процес глибокої зміни гірських порід у товщі земної кори під впливом високої температури, тиску, хімічного впливу газів і розчинів, що виділяються з магми — 99 — 102
Метаморфічні породи — гірські породи, що зазнали змін під впливом процесів метаморфізму (гнейси, сланці, кварцити, мармур та ін.)— 99 — 102
Мідний колчедан (халькопірит) — мінерал, сполука міді і заліза з сіркою; як домішки містить золото, срібло, селен і телур. Найважливіша руда міді — 120; 120 — 121 (кольор. табл.)
Мідні руди — мінерали, що містять мідь у кількостях, вигідних для промислового використання; найважливіші — халькопірит (мідний колчедан) і пірит, що містить домішку халькопіриту — 120
Мідь — кольоровий метал, червонувато-жовтого кольору, тугоплавкий, м'який. У природі зустрічається в самородному вигляді і в сполуках; застосовують в електротехніці, кораблебудуванні, металургії, медицині — 117, 120, 207
Міжпластові води — підземні води, що знаходяться в водоносних шарах, які залягають між водотривкими шарами — 60
Мінерали — природні хімічні сполуки, що входять до складу земної кори, однорідні за своєю фізичною будовою і хімічним складом — 85 — 89, 283 — 290
Мінералогія — наука про мінерали, що вивчає їх фізичні властивості, хімічний склад, умови утворення і поширення в природі, а також можливість використання в народному господарстві — 18, 85, 270
Мінеральні джерела — природні виходи на земну поверхню підземних вод, що містять значну кількість солей або газів; часто мають лікувальні властивості — 33
Мінеральні фарби — природні барвники, представлені різними мінералами або породами (різних відтінків вохри і глини, коричнева сієна, червоний сурик, графіт, азурит та ін.)— 246
Мірабіліт (глауберова сіль) — мінерал, водний сульфат натрію; використовують у дуже багатьох галузях промисловості — 98, 128, 288
Молібден — метал, сріблясто-білий, блискучий, крихкий, тугоплавкий; застосовують у виробництві спеціальних сталей і в електропромисловості — 110, 113
Молюски — тип м'якотілих морських тварин, зовні вкритих черепашкою, відомі в викопному стані з кембрійського періоду — 126, 178, 180
Монгольська палеонтологічна експедиція — експедиція, організована Академією наук СРСР у 1946 р. в Монгольську Народну Республіку—225—232, 277

Мон-Пеле—вулкан на о-ві Мартініка в Атлантичному океані. При виверженні вулкана в 1902 р. загинуло місто Сен-П'єр — 31, 32
Морена — уламковий незцементований, невідсортований матеріал, що переноситься або відкладається льодовиком — 75, 76, 89, 97
Морські осади (або відклади)— осади, нагромадження яких відбувається в океанах і морях — 70 — 72, 96—98, 141
Мул — відклад з дрібнісіньких частинок, який утворюється у вигляді осаду на дні рік, озер, морів. Мул — перша стадія у формуванні осадових гірських порід — 96, 97
Мусковіт (біла слюда)— мінерал, який використовують у промисловості як високоякісний електроізоляційний матеріал — 246, 285, 288, 291
Мушкетов, Іван Васильович (1850—1902)— видатний російський геолог і географ — 257, 276

Наждак — гірська порода, що складається з тонкозернистої суміші корунду, магнетиту, гематиту, піриту, слюди, кварцу тощо; використовують для шліфування металів і каменю — 129
Наповнювачі — тонкоподрібнені матеріали, які додають у папір, гуму, пластмаси, хімічні препарати тощо для надання їм кращих якостей. До них належать: крейда, різні гатунки глин, барит, азбест, тальк та ін.— 124
Нафта — викопне рідке пальне, маслянисте рідина від світлого до темно-бурого і зеленувато-бурого кольору, що знаходиться в надрах Землі серед осадових порід — 144 — 152, 265, 267 — 268
Нафтовий фонтан — бурхливе виділення із свердловини нафти і газів, що знаходяться під великим тиском. При сучасній техніці відкриті нафтові фонтани не допускаються — 146 — 147
Неандерталець — викопна первісна людина, знайдена в Німеччині — 206
Неметалеві корисні копалини — обширна і різноманітна група корисних копалин, до яких належать: глина, пісок, апатит, фосфорити, кам'яна і калійна солі тощо; широко використовують в усіх галузях народного господарства — 124 — 133
Неоген — верхньотретинний відділ кайнозойської ери — 161, 198
Неоліт (новокам'яний вік) — епоха в історії розвитку людської культури, коли знаряддя праці виготовляли з шліфованого каменю, з'явилося землеробство, стала розвиватися гончарна справа— 207
Нептуністи — учені-геологи кінця XVIII і початку XIX ст., які пояснювали походження всіх гірських порід шляхом осадження їх з води — 237
Нефелін — мінерал, що складається з натрію, алюмінію, кремнію і кисню; важлива корисна копалина — 91, 290
Нефеліновий сієніт — магматична гірська порода, що складається з кристалів польових шпатів, нефеліну, рогової обманки тощо — 91, 126
Нікель — метал, тугоплавкий, твердий, використовують для одержання різних сплавів (біла мідь, ніхром тощо) і нікелювання — 18, 117, 122
Ніхром — сплав нікелю з хромом; має високу електроопірність і жаростійкість — 122
Нотозаври — примітивні викопні морські плазуни, які жили в тріасовому періоді — 161, 190

Обручов, Володимир Опанасович (1863 — 1956)— видатний радянський геолог і географ — 61, 258—259, 276 — 278
Обсидіан — див. Вулканічне скло
Ог, Густав Еміль (1861 — 1927)— видатний французький геолог — 244
Озокерит (гірський віск)— речовина складної і непостійної будови, в основному сполука вуглеводнів, м'яка, воскоподібна; широко використовують у ряді галузей промисловості, а також у медицині — 144
Окисли — поширена група мінералів, за будовою — сполука різних елементів з киснем — 87
Олівін — мінерал, що складається з магнію, заліза, кремнію і кисню; входить до складу габро, дунітів та інших порід. Прозора різновидність з золотистим відтінком — хризоліт (дорогоцінний камінь)— 23, 292, 293
Олов'яний камінь — див. Каситерит
Органогенні (біогенні) породи — осадові гірські породи, що майже цілком складаються з решток тварин і рослин або продуктів їх життєдіяльності. До них належать: вугілля, нафта, крейда, вапняк та ін.— 87, 98
Орлов, Олександр Петрович (1840 — 1889)— відомий російський сейсмолог — 259
Ортоклаз — польові шпати (див.), що мають у своєму складі калій — 124
Осадові гірські породи — гірські породи, що утворилися з уламків порід, що існували раніше; виникли в результаті життєдіяльності організмів (нафта, вугілля, вапняк тощо), сформувалися в результаті випадіння і кристалізації солей (гіпс, кам'яна сіль, мірабіліт)— 23, 87, 96 — 99, 166

Павлов, Олексій Петрович (1854—1929) — видатний геолог; відомий дослідженнями геологічної будови Середнього і Нижнього Поволжя — 256 — 257, 259 — 262
Павлова (Ілліч-Шишацька), Марія Василівна (1854 — 1938) — видатний палеонтолог, спеціаліст по вивченню третинних і четвертинних викопних ссавців — 259, 261, 262
Палеоген — нижньотретинний відділ кайнозойської ери — 161, 196
Палеогеографічні карти — карти, на яких зображають розподіл суші і моря, рельєф суші, глибини морського дна й інші фізико-географічні умови минулих геологічних епох — 257; карти на стор. 176 — 177, 192 — 193, 200 — 201

Палеозойська ера (палеозой)— третя ера від початку геологічної історії Землі, поділяється на періоди: кембрійський, силурійський, девонський, кам'яновугільний і пермський — 161, 167, 179 — 181
Палеоліт — див. Кам'яний вік
Палеонтологія — наука про викопні форми рослин і тварин, на основі вивчення яких встановлюють вік тих порід, в яких вони знаходяться — 19, 156, 178, 188, 205
Палеотерій — тварина з родини давніх коней, що жили в третинний час — 239
Паллас, Петро Симон (1741 — 1811)— природодослідник, член Петербурзької академії наук — 253 — 254
Палласове залізо (палласит)— залізно-нікелевий метеорит з вкрапленнями оливіну, привезений з верхів'їв р. Єнісею акад. П. Палласом — 254
Панцирні риби — викопні тварини, голова і передня частина тулуба яких були вкриті щільним кістковим панцирем; існували в першій половині палеозойської ери — 184
Парагенезис — спільне знаходження мінералів у земній корі в зв'язку з однаковими умовами їх утворення — 271
Парафін — біла воскоподібна речовина, яку одержують з нафти і деяких інших речовин — 149
Парейазаври — викопні великі тварини, що належать до примітивних плазунів; мали панцир з кісткових пластинок вздовж усієї спини; знайдені у верхньопермських відкладах — 188; 224 — 255 (рис.)
Пегматитові жили — заповнені породою, що складається переважно з польового шпату, проростого темними кристалами кварцу; містять цінні корисні копалини і самоцвіти — 94, 275
Пелікозаври — викопні тварини, які належать до примітивних звіроподібних плазунів; жили у другій половині палеозойської ери — 189
Пемза — вулканічна пориста гірська порода, утворюється при застиганні вилитої лави, багатої на гази; використовують як будівельний матеріал, а також для полірування і шліфування — 28, 93; 288 — 289 (кольор. табл. 2)
Первоптах — див. Археоптерикс і Археорніс
Перидотит — глибинна магматична гірська порода темного забарвлення, що складається в основному з оливіну, авгіту, рогової обманки — 23
Період — геологічний відрізок часу, тривалість його вимірюється мільйонами років — 158, 161, 167
Пермський період (перм)— останній період палеозойської ери, характеризується розквітом голонасінних рослин, розвитком примітивних і звіроподібних плазунів та вимиранням деяких морських безхребетних — 161, 167 — 168, 179, 187 — 189
Пермські відклади — переважно породи континентального походження, тобто такі, що утворилися на суші (червоні глини, пісковики і мергелі). Серед пермських відкладів багато корисних копалин: мідисті пісковики, кам'яне вугілля, кам'яна сіль, гіпс — 167
Петрографія — наука, що займається вивченням гірських порід, їх мінералогічного і хімічного складу, будови, умов залягання — 256, 262
Північнодвінська фауна — викопні плазуни, виявлені в пермських відкладах на Півн. Двіні палеонтологом В. П. Амалицьким — 188
Підгрунтові води — підземні води, що насичують перший від поверхні водоносний горизонт — 60
Підземна газифікація вугілля — процес неповного спалювання вугілля безпосередньо під землею з метою перетворення його в горючі гази — 144
Підземні води — води, що знаходяться нижче від поверхні Землі; використовують для водопостачання — 56 — 62, 261
Пірит (сірчаний, або залізний, колчедан)— мінерал, сполука заліза з сіркою, зустрічається в кристалічному вигляді і суцільними масами; колір — латунно-жовтий. Використовують для одержання сірчаної кислоти і добування присутніх іноді в ньому домішок золота, міді, селену тощо — 120, 123, 127, 285, 287; 280 — 281 (кольор. табл. 1)
Піроксеніт — глибинна магматична гірська порода, темного забарвлення, багата на магній і залізо — 23
Піролюзит — мінерал, окисел марганцю; найважливіша руда марганцю — 106, 289; 280 — 281 (кольор. табл. 2)
Пісковик — осадова гірська порода, що являє собою зцементований пісок — 87, 97, 292
Пісок — дрібноуламкова пухка гірська порода, що утворюється в результаті руйнування різних гірських порід; може складатися з зерен («пісчинок») кварцу, польового шпату, нефеліну, магнетиту, гранату та інших мінералів — 99, 292
Пітекантроп — людиноподібна істота, яку відносять до початкової стадії еволюції людини; рештки знайшли в нижньочетвертинних відкладах о-ва Яви — 205
Плавиковий шпат (флюорит) — мінерал, фтористий кальцій; використовують для приготування кріоліту, що його застосовують як флюс при виплавлянні з руд алюмінію, в оптичній і скляній промисловості та для виробництва плавикової кислоти — 88, 124, 125, 284, 289; 280 — 281 (кольор. табл. 3)
Плагіоклази — мінерали групи польових шпатів, що містять натрій і кальцій; найважливіші породотвірні мінерали, що входять до складу більшості магматичних гірських порід. Плагіоклазу лабрадору властива дуже красива гра кольорів, тому його використовують як облицьовувальний камінь — 292
Пластинчатозяброві молюски — морські тварини з двостулковою черепашкою; відомі з кембрійського періоду, найбільший розквіт їх — у мезозойській ері — 161, 180
Платина — благородний метал сірувато-білого кольору, має високу температуру плавлення і дуже високу (4350°) температуру кипіння; дуже стійкий до впливу кислот і лугів; використовують для виготовлення хімічного посуду, в ювелірній справі, в електротехніці як високоякісний каталізатор — 119 — 120
Платформи — області земної кори, нездатні до зминання, вкриті спокійно залягаючими осадовими породами, під покривом яких залягають давніші зім'яті в складки породи. На платформах спостерігаються повільні коливні рухи — 176, 244
Плезіозаври — викопні морські хижі плазуни, які жили в мезозойську еру — 161, 190 — 191, 196; 184 — 185 (табл. 2)
Плечоногі молюски — див. Брахіоподи
Плівкові води — підземні води, що вкривають тонкою плівкою поверхню пор, розколини в гірських породах — 59
Плутоністи — прихильники теорії походження всіх гірських порід (як магматичних, так і осадових) з застиглих мінеральних розплавів — 237
Пневматолітичні жили — утворені з мінералів, що виникли з пари і газів, які виділилися з магми —94

Покриви — застигла лава, що вилилася з розколин земної кори і вкрила значну територію. Покриви звичайно складаються з базальтових лав — 94
Поліметалеві руди — руди, що містять кілька корисних металів — свинець, цинк, мідь, срібло, золото тощо — 121
Полуцит — рідкісний мінерал, що містить у собі найлегкоплавкіший метал цезій; останній застосовують для виготовлення чутливих фотоелементів — 114
Польові шпати — група найважливіших породотвірних мінералів, що складаються з алюмінію, кремнію, кисню, калію, натрію і кальцію — 47, 87, 285, 289, 290, 291; 280 — 281 (кольор. табл. 5)
Помпеї — стародавнє місто в околицях Неаполя в Італії; при виверженні вулкана Везувію в 79 р. засипано попелом — 33
Попіл вулканічний — найдрібніші частинки лави, що викидаються при виверженні вулканів; розноситься вітром у вигляді найтоншого пилу; відкладаючись у великій кількості, утворює щільну породу — вулканічний туф — 28
Породотвірні мінерали — мінерали, що дуже поширені в земній корі, складають гірські породи. До них належать: польові шпати, кварц, слюди, карбонати, олівін, гранати, гіпс та ін.— 87
Порфір — вилита магматична гірська порода світло-червоних тонів, що складається з щільної дрібнокристалічної основної маси, в якій знаходяться кристали кварцу і польових шпатів; за складом близький до граніту — 93
Порфірит — вилита магматична гірська порода темно-сірого забарвлення, що складається з щільної дрібнокристалічної основної маси, в якій знаходяться окремі кристали натрієво-кальцієвих польових шпатів (плагіоклазів), рогової обманки, слюди тощо; кварцу нема; за складом близький до діориту — 291, 293; 288 — 289 (кольор. табл. 1)
Потужність пласта — віддаль по перпендикуляру між породами, що підстилають і перекривають досліджуваний пласт — 98
Примати — ряд вищих ссавців, до якого належать напівмавпи, мавпи і людина — 161, 197
Провідні скам'янілості — рештки вимерлих тварин і рослин, що дають можливість установити відносний вік шарів і зіставити час утворення осадів у різних районах — 156 — 161, 255
Пролювій — пухкі уламкові відклади, що нагромаджуються коло підніжжів гір; утворюються в результаті змивання атмосферними опадами із схилів зруйнованих частинок гірських порід — 63
Променепері риби — група кісткових риб, до яких належать і сучасні риби. Відомі з девонського періоду —185
Протерозойська ера (протерозой) — другий великий етап у геологічній історії Землі (після архею), що характеризується розвитком великої кількості форм безхребетних тварин, бактерій і водоростей — 161, 167, 169, 178 — 179, 209
Пружні хвилі — коливні рухи частинок твердого пружного тіла — 41, 42, 43
Псилофіти — викопні давні рослини; відомі з кембрійського періоду — 161, 183, 186
Птеранодон — великий викопний плазун з групи літаючих ящерів, що жив у крейдовий період — 192; 184 — 185 (табл. 4)
Птерозавр (літаючий ящер)— викопний плазун, який жив у юрський і крейдовий періоди — 192

Радій — радіоактивний елемент, білий блискучий метал; має властивість випромінювати теплову і променисту енергію; при цьому він розпадається на послідовний ряд інших радіоактивних речовин і переходить нарешті у свинець — 110, 162
Радіоактивний розпад — перетворення атомів одних елементів в атоми інших, що супроводжується випромінюванням заряджених частинок — 27, 162 — 163, 271
Радіоактивні руди — руди, що містять радіоактивні метали (уран, торій, радій тощо) — 115— 117
Радіоактивність — властивість радіоактивних елементів, мимовільно розпадаючись, виділяти енергію у вигляді особливих променів незалежно від зовнішніх умов — 27, 112, 115 — 116, 162, 271
Радіолярії — найпростіші мікроскопічні морські організми з класу корененіжок, з крем'яним скелетом; живуть переважно в теплих морях, відомі з протерозою до наших днів; утворюють глибоководні морські відклади радіолярієвого мулу — 72, 97, 178, 179
Регресія моря — відступання моря, що відбувається в результаті підняття ділянки земної кори під впливом тектонічних рухів — 252
Рельєф — форми земної поверхні, що утворилися в результаті прояву внутрішніх і зовнішніх геологічних процесів — 17, 252
Рідкісні метали — метали, що утворюють у земній корі великі скупчення. До них належать: вольфрам, молібден, вісмут, сурма, ртуть, ванадій та ін. Термін «рідкісні метали» слід вважати вже застарілим, бо їх добувають тепер у великій кількості — 110 — 117
Рідкоземельні метали — одна з груп рідкісних металів: скандій, ітрій, церій, празеодим, неодим, прометій, самарій, європій, гадоліній, тербій, диспрозій, гольмій, ербій, тулій, ітербій, лютецій — 110, 112
Річкові тераси — уступи на схилах річкових долин, утворюються в результаті розмивної діяльності рік. Нижню терасу, яку заливає вода, називають заплавою — 51, 53, 54
Рогова обманка — поширений породотвірний мінерал складної будови; утворює видовжені кристали темно-зеленого і чорного кольору — 87, 290; 280 — 281 (кольор. табл. 5)
Родій — благородний метал, дуже рідкісний і цінний, сріблясто-білого кольору; має виняткову хімічну стійкість, не розчиняється навіть у найсильніших киплячих кислотах; у природі зустрічається разом з платиною — 120
Родовища корисних копалин — природні скупчення в земній корі корисних копали, які доцільно розробляти з промисловою метою — 19, 27, 118 — 119, 214, 217 — 218
Розвідувальне буріння—спорудження бурових свердловин з метою встановити потужність родовища корисної копалини і визначити якість корисної копалини — 150 — 152
Розсипи — природні скупчення уламків гірських порід, що утворилися в результаті руйнування корінних порід і родовищ — 118, 212

Розсіяні метали — метали, що характеризуються дуже незначним вмістом і розсіяним станом у земній корі; до них належать: реній, гафній, германій, талій, телур, селен, індій, галій, кадмій — 110 — 115

Розшукові ознаки — ознаки, що свідчать про можливе родовище корисної копалини — 217 — 218

Руда — гірська порода або мінерал, що містять корисний метал у кількості, достатній для промислового добування — 27, 103, 104, 106, 123

Рудник — гірничопромислове підприємство з цілою системою гірничих виробок для видобування корисних копалин — 250, 251

Рутеній — рідкісний метал, сірого забарвлення, тугоплавкий; у природі зустрічається разом з платиною; використовують при виготовленні волосин у спеціальних лампах розжарювання — 120

Рутил — мінерал, окис дуже цінного тугоплавкого металу титану; найважливіша руда титану — 114

Рухи земної кори (тектонічні рухи)— переміщення речовини в земній корі в результаті внутрішніх процесів. Відрізняють коливні, складчасті і розривні рухи — 40, 169 — 170, 175—177, 252

С

Саговники — рослини з класу голонасінних; подібні на пальми або деревовидні папороті; були дуже поширені в кам'яновугільному і юрському періодах, тепер збереглися тільки в тропічних лісах — 193

Самородні мінерали — група мінералів, будова яких приблизно відповідає окремим хімічним елементам (золото, графіт, алмаз, електрум, тобто сполука срібла з золотом, та ін.) і деяким їх сполукам — 87

Самоцвіти (дорогоцінні кольорові камені)— мінерали, яким властива прозорість, красиве забарвлення, твердість і високе світлозаломлення: алмаз, ізумруд, сапфір, рубін тощо — 125, 247, 275

Сапропель (гнильний мул)— осад, що утворюється на дні озер і деяких боліт в результаті перегнивання відмерлих решток планктону і водоростей; цінна хімічна сировина, дає при перегонці ті ж продукти, що й нафта — 134, 268

Сапфір — мінерал, різновидність корунду голубого або синього кольору; дорогоцінний камінь — 85, 129; 128 — 129 (кольор. табл.)

Свердловини — гірничі циліндричні виробки (вертикальні, похилі і горизонтальні), глибиною до 8000 *м* (нафтові свердловини). Ці свердловини бурять для вивчення геологічної будови Землі на великих глибинах, розвідування корисних копалин, одержання артезіанської води та з іншою метою — 58, 150

Свинець — метал, м'який, сірувато-білий, важкий, має низьку температуру плавлення; вбирає рентгенівські промені і радіоактивні випромінювання — 120 — 121

Свинцевий блиск — див. Галеніт

Світильний газ — суміш горючих газів (переважно метан), яку одержують при сухій перегонці кам'яного вугілля; використовують як паливо і в хімічній промисловості — 137

Севергін, Василь Михайлович (1765 — 1826)— видатний хімік і мінералог, автор перших підручників з мінералогії; розробив сучасну мінералогічну термінологію — 253, 254 — 255

Сейсмічне розвідування корисних копалин — один з геофізичних методів розшукування і розвідування корисних копалин, заснований на вивченні швидкості поширення хвиль, одержаних за допомогою штучних вибухів (у породах різної щільності сейсмічні хвилі проходять з різною швидкістю) — 222 — 223

Сейсмічні станції — наукові установи, що ведуть спостереження над характером поширення сейсмічних коливань за допомогою сейсмографів та іншими методами — 21, 223, 259

Сейсмічні хвилі — пружні хвилі, що виникають у Землі в результаті землетрусів, вибухів, ударів — 21, 40, 42, 43, 222, 223

Сейсмограма — запис коливань земної кори, одержаний за допомогою сейсмографа — 43, 223

Сейсмограф — прилад для автоматичного запису коливань земної кори — 21, 39, 42, 223, 259

Сейсмологія — один з розділів геофізики, що вивчає причини й умови виникнення землетрусів, їх поширення на Землі — 40, 259

Сигілярії — викопні велетенські плаунові деревовидні рослини; найбільший розквіт їх був у карбоні — 187

Силікати — найважливіша група мінералів, у складі яких обов'язково є кремнезем (окис кремнію). До неї належить більше третини всіх мінералів, у тому числі найважливіші породотвірні, багато цінних руд, будівельних матеріалів і т. д.— 88, 270

Силурійський період (силур)—другий період палеозойської ери; характеризується значним розвитком безхребетних, численних водоростей і розвитком наземних рослин — 161, 168, 179, 181 — 184

Сильвін — мінерал, що складається з калію і хлору, схожий на кам'яну сіль; дуже важливе джерело одержання калію — 128, 288, 280 — 281 (кольор. табл. 2)

Синантроп — одна з давніх форм викопної людини. Синантроп виготовляв уже примітивне знаряддя і користувався вогнем — 205

Синкліналь — складка пластів земної кори, звернена опуклістю вниз; у внутрішній частині складки пласти молодші, ніж на крилах — 170, 210, 216 — 217

Системи — величезні товщі пластів, що утворилися на протязі великих геологічних відрізків часу — періодів — 158

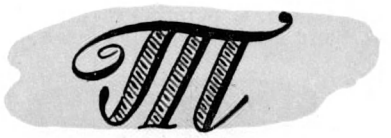
Сієніт — кристалічна вивержена гірська порода, що складається з калієвого польового шпату і темнокольорного мінералу; на відміну від граніту не містить кварцу — 91, 292; 288 — 289 (кольор. табл. 1)

Сірка самородна — мінерал жовтого кольору з жирним блиском, дуже м'який і крихкий, легко загоряється; використовують для одержання сірчаної кислоти і різних сполук — 127, 275, 287, 288; 280 — 281 (кольор. табл. 2)

Сірчисті сполуки (сульфіди) — група дуже важливих у промисловому відношенні мінералів; природні сполуки сірководневої кислоти з металами (галеніт, пірит, халькопірит, сфалерит, кіновар тощо)— 87

Скид — переміщення однієї ділянки земної кори відносно іншої у вертикальному або похилому напрямі — 39, 171, 176

Складки гірських порід — хвилеподібні вигини пластів гірських порід різної форми і розмірів — 169—170
Сланці — велика група метаморфічних порід, що мають шарувату будову і властивість розколюватись на тонкі пластинки. Залежно від складу відрізняють глинисті, хлоритові, талькові, слюдяні, графітові та інші сланці — 101, 102, 166, 292
Слюди — важлива група породотвірних мінералів, що мають властивість розщіплюватися на тонкі листочки — 87, 288, 289, 291
Сміт, Вільям (1769 — 1839)— англійський інженер-шляховик, який поклав початок палеонтологічному методу визначення віку гірських порід — 157, 238
Соколов, Дмитро Іванович (1788 — 1852)— російський геолог; написав перші російські підручники з геології і мінералогії — 255
Сподумен — мінерал, що містить легкоплавкий рідкісний метал літій, одна з його руд — 114
Срібло — благородний метал, використовують для виготовлення хімічних реактивів, посуду, прикрас, а його сполуки з бромом або хлором застосовують у фотокінопромисловості; в природі зустрічається разом з галенітом — 120, 249, 250; 80 — 81 (кольор. табл.)
Сталагміти — вапняні натіки, що наростають на дні печер з розчинів, які капають зверху — 57
Сталактити — вапняні натіки, що наростають на стелях печер, подібно бурулькам, виділяючись з краплин випаровуваних розчинів — 57, 280
Стегозаври — величезні викопні плазуни, які жили в мезозої — 161, 193; 184 — 185 (табл. 3)
Стегоцефали — викопні земноводні; жили починаючи від девонського до юрського періоду — 161, 185 — 186, 188, 189; 184 — 185 (табл. 1)
Стено, Миколай (1638 — 1687) — датський природодослідник; відкрив дуже важливий закон сталості кутів між гранями кристалів; висловив ідею про походження гір під впливом внутрішніх сил — 235, 237
Стратиграфія — розділ геології, що займається вивченням послідовності залягання шарів і товщ гірських порід і визначенням їх абсолютного і відносного віку — 255
Стромболі — діючий вулкан у групі Ліпарських о-вів у Середземному морі — 32, 33
Сульфати — група мінералів, які є природними солями сірчаної кислоти: барит, мірабіліт, гіпс тощо — 88
Сульфіди — див. Сірчисті сполуки
Сфалерит (цинкова обманка) — мінерал, сульфід цинку, з домішкою розсіяних металів: індію, германію, галію. Найважливіша руда цинку і розсіяних металів: індію, кадмію та ін.— 112, 121, 123, 289; 280 — 281 (кольор. табл. 4)



Тальк — мінерал, що містить магній, кремній і кисень; жирний на дотик, дуже м'який; використовують як вогнетривкий матеріал, а також у паперовому, гумовому, парфюмерному, фармацевтичному та інших виробництвах — 102, 124, 129, 288; 280—281 (кольор. табл. 2)
Твердість мінералів — одна з найважливіших фізичних властивостей мінералів; визначають за шкалою Мооса, що включає десять мінералів з умовно встановленою твердістю від 1 (в тальку) до 10 (в алмазу)— 284, 291
Текодонти — група викопних плазунів — предки динозаврів, крокодилів і птерозаврів; жили в тріасі— 189, 192; 184—185 (табл. 2)
Тектоніка — розділ геології, що вивчає рух земної кори, форми залягання гірських порід та історію їх розвитку — 169, 170, 176 — 177
Теорія Зюсса про походження гір — гіпотеза про утворення гірських хребтів в результаті остигання внутрішніх частин Землі і стискання («зморщування») земної кори — 243 — 244
Теорія катастроф — гіпотеза, згідно з якою геологічна історія Землі складається з етапів спокійного розвитку і етапів бурхливих катастроф, що змінювали обличчя Землі (виверження вулканів, землетруси тощо) —240
Теорія Лайєля — вчення, яке пояснює всі зміни, що відбувалися на земній поверхні, тими самими геологічними силами, які діють і тепер —241—242
Тиранозавр — велика викопна тварина з групи хижих динозаврів, знайдена у відкладах крейдового періоду — 194; 184 — 185 (табл. 4)
Титаномагнетит — магнетит з включеннями ільменіту; містить залізо, кисень, титан, а також домішку ванадію; руда для одержання титану, заліза і ванадію — 106, 114
Титанотерій —велика викопна тварина з ряду непарнокопитих ссавців, що жила в третинний період — 197, 230; 184 — 185 (табл. 6)
Топаз — мінерал з групи силікатів, містить алюміній і фтор; використовують у радіотехніці і як абразивний матеріал; прозора різновидність топазу — напівдорогоцінний камінь — 247, 284; 80 — 81 (кольор. табл.)
Торберніт (мідна уранова слюдка)—слюдоподібний мінерал; утворюється за рахунок зміни уранових руд на земній поверхні; другорядна уранова руда — 115
Торф — органічна гірська порода, що складається із скупчення залишків рослин, які не зазнали повного розкладу, гниття; цінне місцеве паливо для електростанцій; використовують у хімічній і будівельній промисловості та в сільському господарстві — 127, 133 — 136, 142, 287
Трансгресія моря — наступання моря на сушу в результаті опускання ділянки земної кори — 252
Трапи — магматичні породи, близькі до базальтів, діабазів і порфіритів; зустрічаються у вигляді покривів на рівнинах, як наприклад сибірські трапи — 155
Трахіт — вилита гірська порода, що складається з калієвих польових шпатів і темноколірних мінералів — 93, 291, 293
Трепел (діатоміт)— осадова гірська порода, дуже легка; складається з аморфного кремнезему, панцирів діатомових водоростей і решток радіолярій; використовують для виробництва легкої цегли та в інших виробництвах — 97, 99, 292
Третинний період — перший період кайнозойської ери, поділяється на два відділи: палеоген і неоген; характеризується розквітом ссавців, птахів і покритонасінних рослин — 161, 174, 196 — 197
Трилобіти — викопні морські членистоногі тварини, які жили на протязі палеозойської ери — 161, 180 — 181

Тріасовий період (тріас)— перший період мезозойської ери — 161, 189 — 190
Тріщини земної кори — розриви в гірських породах; утворюються в результаті тектонічних рухів і під впливом процесів фізичного вивітрювання — 37, 92
Трог — див. Долина льодовикова
Тугоплавкі рідкісні метали — одна з груп рідкісних металів, куди належать: берилій, ванадій, титан, цирконій, молібден, тантал, ніобій і вольфрам — 110, 112
Турбобур — машина для швидкісного буріння нафтових свердловин; винайдений в СРСР у 1922 р.— 150
Туф — назва двох порід різного походження: 1) гірська порода, що утворилася з пухких викидів вулкана, головним чином попелу; 2) пориста порода, що утворилася в результаті осадження кальциту з гарячих або холодних джерел — 28, 154

Уламково-річковий спосіб розшуків корисних копалин — метод розшуків корінних родовищ корисних копалин, заснований на тому, що річки і струмки переносять уламки корінних порід, простежуючи які вгору за течією, знаходять родовища — 218
Уран — радіоактивний метал, сріблясто-сірого кольору; питома вага 19, температура плавлення 1133° — 18, 112 — 113, 115 — 117
Уранініт — мінерал, окисел урану смоляно-чорного кольору із смолистим блиском; одна з головних руд урану — 115

Федоров, Євграф Степанович (1853 — 1919)— видатний російський кристалограф — 81, 256
Фенакіт — порівняно рідкісний мінерал, що містить цінний метал берилій, який легко з нього дістають, тому фенакіт являє інтерес для промисловості; використовують як дорогоцінний камінь — 113
Ферсман, Олександр Євгенович (1883 — 1945) — видатний радянський мінералог-геохімік, академік. Написав сотні цінних праць з мінералогії і геохімії та популярних книг — 258, 273 — 276
Фізичне вивітрювання — руйнування гірської породи під впливом коливань температури, води, що замерзає в тріщинах, тощо без зміни хімічної будови мінералів, з яких вона складається — 47
Фізичні властивості мінералів — найважливіші властивості, характерні для кожного мінералу; головні з них: форма кристалів, колір, блиск, колір порошку (риска), злом, твердість, питома вага, магнітність, смак тощо — 283 — 286
Фірновий лід — непрозорий, зернистий, білого кольору, що утворився при ущільненні снігу — 73
Флюорит — див. Плавиковий шпат
Форамініфери — ряд кореневіжок — найпростіших мікроскопічних морських і прісноводних організмів — 98, 161, 168, 187
Формація — комплекс гірських порід (у тому числі і корисних копалин), зв'язаних між собою однаковими умовами утворення — 236, 237, 256
Фосфати — група мінералів, що являють собою природні солі фосфорної кислоти: апатит, бірюза, монацит, фосфорити тощо — 88
Фосфорити — осадові гірські породи, що містять фосфор, окис кальцію, кремнезем, фтор, хлор тощо; утворилися з залишків морських тварин; цінна сировина для виробництва мінеральних добрив — 124, 125, 126 — 127, 211, 285, 289, 290

Халцедон — мінерал, приховано-кристалічна різновидність кварцу; напівдорогоцінний камінь — 130 — 131, 290; 280 — 281 (кольор. табл.)
Халькопірит — див. Мідний колчедан
Хімічне вивітрювання — руйнування гірських порід під впливом води і повітря, що приводить до зміни хімічного складу мінералів, з яких збудовані гірські породи — 47
Хімічні (хемогенні) осадові породи — породи, що випали з розчинів в результаті хімічних або біологічних реакцій, зміни температури води або ж її випаровування (кам'яна сіль, мірабіліт, гіпс, вапняк тощо) — 98
Хлорити — група слюдоподібних мінералів буро-зеленого кольору, що входять до складу багатьох гірських порід, особливо метаморфічних — 101
Хроміт (хромистий залізняк) — мінерал, що складається з заліза, хрому і кисню; єдина руда для одержання хрому — 106

Церусит (біла свинцева руда) — мінерал, карбонат свинцю; цінна свинцева руда — 121; 120 — 121 (кольор. табл.)
Цинк — метал, синювато-білий; використовують для вкриття заліза для захисту його від іржавіння, одержання цінних сплавів — латуні (сплав цинку з міддю), бронзи (сплав цинку з оловом і міддю) і мельхіору (сплав цинку з міддю і нікелем) — 121
Цинкова обманка — див. Сфалерит
Циркон — мінерал, складається з рідкісного тугоплавкого металу цирконію, кремнію і кисню; головна руда цирконію і рідкісного розсіяного металу гафнію, що є в цирконі як домішка — 113

Червона океанічна глина — глибоководні осади сучасних океанів; утворені з найдрібніших частинок вулканічного пилу, скелетів дрібних організмів — радіолярій тощо — 71

Черевоногі молюски — тварини, мешканці морів, прісноводних басейнів і суші. Черепашка їх спірально закручена. Відомі з протерозою. До них належить сучасний виноградний слимак — 161, 180
Черський, Іван Дементійович (1845 — 1892)— російський геолог, палеонтолог і географ, дослідник Східного Сибіру — 257 — 258
Четвертинний період — останній період в історії розвитку Землі, тривалість якого приблизно 1 млн. років — 161, 198, 201 — 208
Чорні метали — група металів, до якої належать: залізо, марганець, хром та інші метали — 103 — 109

Ш

Шаблезубий кіт — тварина, яка існувала на початку четвертинного періоду — 202
Шахта — гірниче підприємство, що розробляє корисну копалину; глибока вертикальна гірнича виробка — 19, 142
Шеєліт — мінерал, що складається з кальцію, вольфраму і кисню; одна з найважливіших руд вольфраму — 113, 212
Шліф — тонка (0,03 *мм*), виготовлена на шліфувальному верстаті пластинка мінералу або гірської породи, заклеєна спеціальною смолою між скельцями, для дослідження під мікроскопом — 19
Шліфуючі матеріали (абразиви)— мінерали і гірські породи (алмаз, корунд, гранат, наждак, кварцовий пісок, пемза, діатоміт), які в дрібнозернистому і порошкоподібному вигляді використовують для обробки поверхонь різних речовин — 125
Шліх — залишок важких мінералів (золота, платини, шеєліту, алмазу, магнетиту, гранату та багатьох інших), який одержують в результаті промивання руслових і пухких поверхневих відкладів або ж подрібнених кристалічних порід — 212 — 213
Шліхове знімання — вид геологічного знімання, заснований на систематичному взятті шліхових проб по руслу ріки або схилах долини з метою виявлення корінних виходів корисних копалин — 212 — 213
Шокшинський кварцит — метаморфічна гірська порода коричнево-червоного кольору; прекрасний облицьовувальний матеріал — 102; 288 — 289 (кольор. табл. 1)
Штольня — горизонтальна або слабо похила підземна виробка для розвідування або видобування корисних копалин, що має безпосередній вихід на земну поверхню — 19
Штуф — кусок породи, руди, мінералу (розміром приблизно 10 × 6 × 5 *см*), призначений для різних досліджень, для музеїв і т. д.— 282
Шурф — вертикальна гірнича виробка, завглибшки 5—10 *м*, рідко глибше, влаштована звичайно в пухких породах з метою геологічного картування, розшуків і розвідування корисних копалин — 19, 225

Щ

Щебінь — пухкі скупчення необкатаних гострокутних уламків гірських порід розміром від 1 до 10 *см* — 97, 291, 292
Щуровський, Григорій Юхимович (1803—1884) — російський геолог, професор геології і мінералогії Московського університету — 255, 260

Ю

Юрський період (юра)— другий період мезозойської ери. В юрі з'явилися перші птахи і перші ссавці — 161, 189, 190 — 193

Я

Ядро Землі — частина земної кулі, що знаходиться на глибині більше 2900 *км* і має радіус близько 3471 *км*; має щільність від 6,8 до 12; складається з тих же речовин, що й земна кора, але вони перебувають під дуже великим тиском, в особливому «металізованому» стані — 20, 21, 22, 23
Янтар — викопна смола особливого виду сосни третинного періоду; використовують для виготовлення спеціальних ізоляторів, високоякісних лаків у хімічному виробництві, прикрас і т. д.— 253, 287
Яшма — осадова кремениста гірська порода, різнозабарвлений халцедон з великою кількістю тонкорозсіяних красильних домішок; красивий виробний камінь — 290, 292; 280 — 281 (кольор. табл. 8)
Ящери — плазуни; з'явилися в карбоні і особливого розвитку досягли в мезозої — 161, 187 — 195, 226, 228 — 229

Світ небесних тіл

Вступ до астрономії

АСТРОНОМІЯ — НАУКА ПРО ВСЕСВІТ

З усіх картин природи, що розгортаються перед нашими очима, найвеличніша — картина зоряного неба.

Ми можемо облетіти або об'їхати всю земну кулю, наш світ, де ми живемо. А зоряне небо — це неозорий, безконечний простір, заповнений іншими світами. Кожна зірочка, яка навіть ледве помітно мерехтить у темному небі,— це величезне світило, часто гарячіше і яскравіше, ніж Сонце. Тільки всі зорі перебувають дуже далеко від нас і тому світяться тьмяно.

Що це за світи, як вони рухаються? Як далеко вони від нас? Як виникли небесні світила? Як побудовані зорі? Що було з ними в минулому і що станеться з ними в майбутньому?

Усі ці питання вивчає астрономія — наука про Всесвіт.

Учені змогли визначити віддалі до зір, дізнатися про вагу Сонця та його хімічний склад, завбачити майбутні затемнення Місяця і Сонця, час появи хвостатих світил-комет. Але минуло багато віків, перш ніж це вдалося зробити.

Коли та як зародилась наука про Всесвіт?

Вже в далеку давнину люди стежили за появою Сонця над горизонтом, за його рухом по небу, щоб знати, чи скоро воно знову опуститься нижче горизонту і настане ніч. По положенню Сонця і зір людина навчилась визначати час доби.

Давно людина помітила на небі групи зір, орієнтуючись по яких, можна знайти правильний напрям шляху на суші й на морі. Ці знання ставали в пригоді, коли люди відходили, наприклад, далеко від своїх жител під час полювання і взагалі при всякому іншому пересуванні по Землі. Для пастуших кочових народів велике значення мало завбачування настання повномісяччя (коли Місяць видно повним диском): у такі дуже ясні ночі можна було успішно перегонити худобу на нові пасовища, уникаючи денної спеки.

Стародавні народи вважали Землю плоскою, а небо півкулею, перевернутою над Землею. Саму Землю вони вважали нерухомою і думали, що всі небесні світила щодоби обходять навколо Землі. Не вміючи пояснити різні явища природи, люди почали обожнювати сили природи. Їм здавалось, що весь світ сповнений чудес, які творять боги.

Задумуючись над питанням, звідки взявся навколишній світ, люди почали вважати, що

світ створили надприродні істоти — боги. Появились служителі богів — жерці, які в своїх корисливих інтересах підтримували в темних масах віру в богів. Жерці твердили, що світ створили боги, які ним і управляють.

Але водночас, спостерігаючи небесні явища, людство поступово нагромаджувало дедалі більше знань про світ небесних світил.

Люди помітили на небі кілька особливо яскравих світил, які пересуваються серед сузір'їв то вперед, то назад, то нерухомо стоять на місці. Стародавні греки назвали ці мандрівні світила планетами на відміну від звичайних зір. Не розуміючи складної картини явищ на небі, не знаючи справжніх причин руху планет, люди прийшли до помилкових висновків. Кожному з цих світил, залежно від його вигляду, кольору та особливостей руху, приписувались різні властивості. Планети приймались за вісників богів, які ніби впливають на земні події й на долю людей. А панівні класи суспільства разом з жерцями користувались забобонами у своїх інтересах, щоб тримати в страху й покорі трудовий народ. Жерці і віщуни завбачали різні події, зважаючи на розташування планет на небі. Минали століття. Дедалі точніше провадились спостереження над небесними явищами, у тому числі й над рухом планет.

Учені, які спостерігали зоряне небо, помічали закономірності у зміні розташування небесних тіл. Вони прагнули зрозуміти й пояснити причини видимого руху зір, Місяця, Сонця, планет. Ставало ясно, що пояснити ці явища неможливо, коли вважати Землю нерухомою. За такі думки, які суперечили тому, що проповідувала церква, учених люто переслідували. Особливо в цьому старались церковники, які обстоювали все старе і боролись з відкриттями науки.

Як тяжким сном, була скута свідомість людини, поки вона не встановила справжнього місця Землі у Всесвіті і не спростувала помилкового уявлення про світ, центром якого ніби є Земля.

Чотири століття тому геніальний польський астроном Миколай Коперник довів, що земна куля — лише одна з планет, що обертаються навколо Сонця. Землю освітлює Сонце, і вона відбиває сонячне світло в простір. Усі інші планети також не мають власного світла і теж відбивають промені Сонця.

Місяць — найближче до нас небесне тіло; він обертається навколо Землі і є її супутником в русі навколо Сонця. Такі самі супутники пізніше відкрили і в багатьох інших планет.

Усі планети і Сонце становлять єдину сонячну систему, в центрі якої міститься розжарене, самосвітне Сонце.

Незліченні зорі не укріплені на поверхні небесного склепіння, як гадали стародавні вчені. Зорі перебувають на різних віддалях від Землі, далеко за межами сонячної системи.

Кожна зоря — це нове сонце, як довели астрономи.

Російський учений В. Я. Струве, засновник Пулковської обсерваторії, близько 120 років тому перший виміряв віддаль до однієї з найближчих зір. Вона вражає своєю величезністю. Про цю віддаль можна скласти уявлення, взявши найбільшу в природі швидкість — швидкість світла.

Промінь світла проходить за секунду 300 000 *км*. Від Сонця він до нас доходить за 8½ хвилини, а від найближчої зорі — більш як за чотири роки. У Всесвіті є зорі, світло від яких йде до Землі мільйони і навіть сотні мільйонів років!

На деяких планетах може бути життя. На планеті Марс є ознаки рослинності. За цією планетою вчені провадять спостереження дуже давно.

Вивчаючи небо, кожен може упевнитися, що воно сповнене руху і постійно змінюється. Ось спалахнула нова зоря і на кілька днів затьмила своїм світлом інші зорі.

Внаслідок якої світової катастрофи стався цей спалах її блиску?

Ось показалось у межах сонячної системи нове небесне тіло — комета, з великим немов вогненним хвостом, що сягнув на півнеба. Швидко пролітаючи крізь стрій планет, комета плавно обходить Сонце і зникає в безвісті. А інша комета, кружляючи навколо Сонця, подібно до планет, розсипається на рій дрібнісіньких невидимих камінців.

Ці камінці мчать з величезною швидкістю і, влітаючи в атмосферу Землі, розжарюються і світяться. Тоді в темному небі блискають «падаючі зорі» — метеори. Здебільшого вони перетворюються в пару, але деякі, більші, долітають до Землі.

Камінь з неба! Це вісник далеких світів. Його можна побачити в музейній вітрині. Астрономи і любителі астрономії дбайливо збирають осколки каменів, що впали з неба. Маленький кусочок, що впав з неба, складається з тих самих речовин, що й наша земна куля.

А це значить, що і взагалі небесні тіла за своїм хімічним складом не відрізняються від Землі. Але, звичайно, ті самі речовини на цих небесних тілах можуть перебувати зовсім в іншому стані, ніж на Землі.

Іноді на небі в зимову ніч, як промені кольорових прожекторів, ходять, перехрещуючись, промені полярних сяйв. В цей самий час дуже коливається магнітна стрілка, а радіоприймач починає гучно тріщати. Яка причина цих явищ?

Вчені дуже багато зробили, щоб з'ясувати всі ці та інші грандіозні і складні явища.

Поступово людина дедалі глибше пізнавала Всесвіт.

Понад два століття тому цар Петро I відкрив у Москві в Сухаревій башті школу, де навчали астрономії. Пізніше в Петербурзі було відкрито обсерваторію при Академії наук.

Завдяки працям М. В. Ломоносова і інших видатних учених, його сучасників і продовжувачів, астрономія в нашій країні давно вже досягла високого рівня розвитку.

Складання точних карт країни вимагало точного визначення положення міст на Землі, але воно можливе лише по зорях. Для вивчення точного розташування зір на небі й інших досліджень у 1839 р. під Петербургом збудували величезну обсерваторію на Пулковських горбах. Пулково вчені прозвали астрономічною столицею світу. Сюди приїжджали вчитись точних спостережень астрономи з Західної Європи та Америки.

Крім Пулковської, у нас тепер є багато інших обсерваторій, де провадиться вивчення неба, яке необхідне людям в їх практичній діяльності і яке допомагає їм у боротьбі з релігійними забобонами та у виробленні правильного світорозуміння.

Радянським астрономам належить провідне місце в світовій науці. 4 жовтня 1957 р. в СРСР вперше в світі успішно запущено штучний супутник Землі. За першим супутником на орбіту вийшли нові штучні супутники, космічні ракети, потужні космічні кораблі-супутники. 12 квітня 1961 р. в нашій країні здійснено перший в світі політ людини в космічний простір на космічному кораблі-супутнику «Восток-1» і успішне повернення на Землю. 6—7 серпня 1961 р. в СРСР здійснено новий героїчний політ людини навколо Землі в космічному просторі на кораблі-супутнику «Восток-2». Цим героїчним подвигом радянський народ, наша найпередовіша в світі наука проклали шлях для міжпланетних подорожей, для здійснення давнішньої мрії людства — проникнути в глибини Всесвіту.

Радянські астрономи розробляють науку про Всесвіт у співробітництві з передовими вченими інших країн. У капіталістичних країнах правлячі кола намагаються використати досягнення науки, зокрема астрономії, в своїх інтересах. Деякі буржуазні вчені, перебуваючи в полоні релігійних уявлень, роблять помилкові висновки із своїх досліджень, неправильно тлумачать наукові відкриття.

У серпні 1958 р. у Москві відбувся Міжнародний з'їзд астрономів, в якому взяли участь вчені майже 40 держав. На з'їзді радянські астрономи і астрономи інших країн розповіли про свої досягнення, обговорили найскладніші і найпекучіші питання дальшого проникнення в глибини Всесвіту.

Астрономія не тільки розкриває таємниці глибин Всесвіту, а й допомагає людям в їхній практичній діяльності: у складанні точних карт поверхні Землі, правильному визначенні напряму шляху кораблів та літаків, Службі точного часу і в багато чому іншому.

НАЙПРОСТІШІ НЕБЕСНІ ЯВИЩА

Колись давно один філософ сказав, що коли б зоряне небо було видно тільки в якомунебудь одному місці Землі, то до цього місця безперервно рухалися б юрби людей, щоб полюбуватись чудовим видовищем.

Для нас, людей XX ст., видовище зоряного неба особливо величне тому, що ми знаємо природу зір; адже кожна з них — це Сонце, тобто гігантська розжарена газова куля.

Люди не одразу встановили справжню природу небесних тіл. Раніше вони вважали, що Земля — це центр всього світу, всього Всесвіту і що зорі й інші небесні тіла — це небесні

світильники, призначені для прикрашання неба та освітлювання Землі. Але минали століття, і люди, пильно спостерігаючи за різними небесними явищами, кінець кінцем прийшли до сучасного наукового розуміння світу.

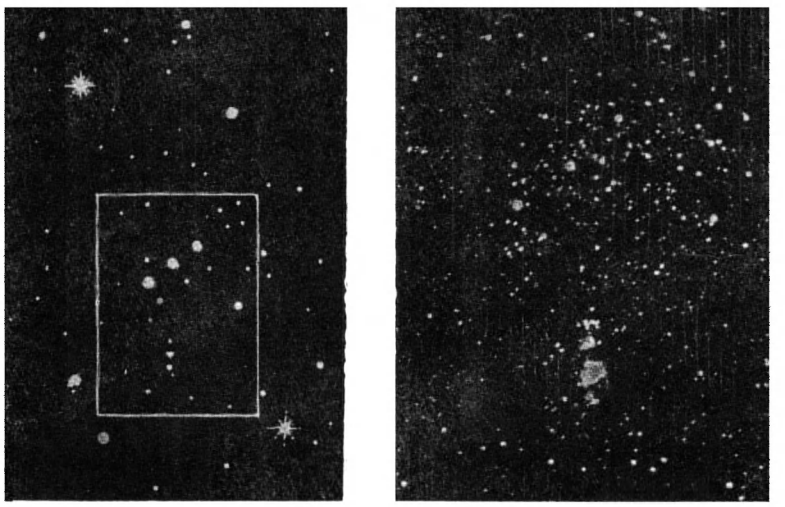
Кожна наука спирається в своїх висновках на факти, на численні спостереження. І все те, про що далі буде сказано, добуто і багато разів перевірено спостереженнями небесних явищ. Щоб упевнитися в цьому, треба навчитися самим провадити хоча б найпростіші астрономічні спостереження. Отже, почнемо наше ознайомлення із зоряним небом.

Зір на небі темної ночі видно так багато, що, здається, і полічити їх не можна. Проте астрономи вже давно полічили всі зорі, які видно на небі простим, або, як кажуть, неозброєним, оком. Виявилось, що на всьому небі (включаючи зорі, які видно в Південній півкулі) в ясну безмісячну ніч можна побачити при нормальному зорі близько 6000 зір.

БЛИСК ЗІР

Дивлячись на зоряне небо, можна помітити, що зорі різні за своєю яскравістю, або, як кажуть астрономи, за своїм видимим блиском. Найяскравіші зорі умовились називати зорями 1-ї зоряної величини; ті зорі, які за своїм блиском у 2,5 раза (точніше, у 2,512 раза) слабші від зір 1-ї величини, дістали назву зір 2-ї зоряної величини. До зір 3-ї зоряної величини віднесли ті з них, які слабші від зір 2-ї величини у 2,5 раза, і т. д. Найслабші із зір, які доступні неозброєному оку, віднесено до зір 6-ї зоряної величини. Треба пам'ятати, що назва «зоряна величина» вказує не на розміри зір, а тільки на їх видимий блиск.

Можна підрахувати, у скільки разів зорі 1-ї зоряної величини яскравіші від зір 6-ї зоряної величини. Для цього треба 2,5 взяти множником 5 раз. В результаті вийде, що зорі 1-ї зоряної величини яскравіші щодо блиску, ніж зорі 6-ї зоряної величини, у 100 раз. Усього на небі є 20 найяскравіших зір, про які звичайно говорять, що це зорі 1-ї величини. Але це не значить, що вони мають однакову яскравість. Насправді одні з них дещо яскравіші від зір 1-ї величини, інші трохи слабші і тільки одна з них — зоря точно 1-ї величини. Таке саме становище і з зорями 2-ї, 3-ї і наступних величин. Тому для точного позначення яскравості тієї чи іншої зорі доводиться вдаватись до дробів. Так, наприклад, ті зорі, які за своєю яскравістю займають середину між зорями 1-ї і 2-ї зоряних величин, відносять до зір 1,5-ї зоряної величини. Є зорі, які мають зоряні величини 1,6; 2,3; 3,4; 5,5 і т. д. На небі видно кілька особливо яскравих зір, які своїм блиском перевищують блиск зір 1-ї зоряної величини. Для цих зір запровадили нульову і від'ємні зоряні величини. Так, наприклад, найяскравіша зоря північної півкулі неба — Вега — має блиск 0,1 зоряної величини, а найяскравіша зоря всього неба — Сіріус — має блиск мінус 1,3 зоряної величини. Для всіх зір, які видно неозброєним оком, і для багатьох слабших точно вимірано їх зоряну величину.



Зліва — сузір'я Оріона, яке видно неозброєним оком; справа — те саме сузір'я, яке видно в астрономічну трубу.

Візьміть звичайний бінокль і подивіться в нього на яку-небудь ділянку зоряного неба. Ви побачите багато тьмяних зірочок, яких не видно неозброєним оком, бо об'єктив (скло, що збирає світло у біноклі або телескопі) більший, ніж зіниця людського ока, і в нього потрапляє більше світла.

У звичайний театральний бінокль легко видно зорі до 7-ї зоряної величини, а в призмений польовий бінокль — зорі до 9-ї зоряної величини. У телескопи видно безліч зір із ще слабшим світлом. Так, наприклад, у порівняно невеликий телескоп (з поперечником об'єктива 80 *мм*) видно зорі до 12-ї зоряної величини. У потужніші сучасні телескопи можна спостерігати зорі до

18-ї зоряної величини. На фотографіях, знятих за допомогою величезних телескопів, можна побачити зорі до 23-ї зоряної величини. За своїм блиском вони в 6 млн. раз слабші від найбільш тьмяних зір, які ми бачимо неозброєним оком. І якщо на небі неозброєному оку доступно лише близько 6000 зір, то в найпотужніші сучасні телескопи можна спостерігати м і л ь я р д и зір.

ЯК ПОМІТИТИ ОБЕРТАННЯ ЗОРЯНОГО НЕБА

Удень по небосхилу рухається Сонце. Воно сходить, піднімається дедалі вище, потім починає опускатись і заходить. Але як дізнатись, чи одні й ті самі зорі видно всю ніч на небі, чи вони переміщаються подібно до того, як Сонце переміщається вдень? Це легко встановити.

Виберіть для спостереження таке місце, звідки небо добре видно. Запам'ятайте, над якими місцями горизонту (будинками чи деревами) Сонце видно вранці, опівдні і ввечері. Повертаючись на те саме місце ввечері, запам'ятайте найяскравіші зорі в тих самих сторонах неба і час спостереження по годиннику. Якщо ви прийдете на те саме місце через годину або дві, то переконаєтесь, що всі ці зорі перемістилися зліва направо. Так, зоря, яка перебувала в стороні ранішнього Сонця, піднялася вище, а та, яка була в стороні вечірнього Сонця, опустилася нижче.

Чи всі зорі рухаються по небосхилу? Виявляється, усі, і до того одночасно. У цьому легко упевнитись.

Ту сторону, де Сонце видно опівдні, називають південною, протилежну — північною. Проведіть спостереження в північній стороні спочатку над зорями, які перебувають близько до горизонту, а потім над вищими. Тоді побачите, що чим вище від горизонту зорі, тим пересування їх стає помітним дедалі менше. І, нарешті, можна знайти на небі зорю, пересування якої протягом усієї ночі майже непомітне. Значить, усе небо рухається так, що взаємне розташування на ньому зір не змінюється, але одна зоря майже нерухома, і чим ближче до неї зорі, тим менше помітний їх рух. Усе небо обертається як одне ціле, повертаючись навколо однієї зорі; цю зорю назвали П о л я р н о ю з о р е ю.

За давніх часів, спостерігаючи добове обертання неба, люди зробили глибоко помилковий висновок, що зорі, Сонце і планети щодоби обертаються навколо Землі. Насправді, як це встановив у XVI ст. Коперник, видиме обертання зоряного неба — тільки відбиття добового обертання Землі навколо своєї осі. Але картина видимого добового обертання неба має для нас велике значення: не ознайомившись з нею, не можна навіть знайти на небі ту чи іншу зорю. Про те, як насправді рухаються зорі і чому цей рух не можна помітити навіть у телескоп, буде сказано в наступних розділах цієї книжки.

ЯК СФОТОГРАФУВАТИ ДОБОВЕ ОБЕРТАННЯ НЕБА

Звичайним фотографічним апаратом можна одержати фотографію обертання зоряного неба. Установіть об'єктив апарата на різкість для дуже далеких предметів, що можна зробити вдень по матовому склу.

Коли в безмісячну ніч зовсім стемніє, треба вставити касету і встановити апарат так, щоб він був спрямований на Полярну зорю (як її швидше відшукати, ми скажемо далі). Висунувши шторку касети, відкрийте об'єктив на півгодини або краще на годину, протягом якої апарат повинен залишатись нерухомим. Проявивши цю пластинку, ви дістанете негатив з цілим рядом коротких темних рисочок, кожна з яких буде слідом зображення зорі, що переміщалося по пластинці. Чим більший поперечник об'єктива, тим більше зір залишить свої відбитки на пластинці. Чим триваліше знімання, тим довші виходять рисочки і тим помітніше буде, що вони є відрізки дуг. Крім того, ці дуги будуть тим більші, чим далі фотографована ділянка неба від Полярної зорі. У центрі всіх дуг — слідів руху зір — і лежить точка, навколо якої, як нам здається, обертається небо. Вона називається п о л ю с о м с в і т у, а Полярна зоря знаходиться від неї недалеко, і через те її слід на знімку видно як дуже коротку і яскраву дугу.

СУЗІР'Я ВЕЛИКОЇ ВЕДМЕДИЦІ

Взаємне розташування зір, як ви вже знаєте, не змінюється. Якщо найблискучіші і найближчі одна до одної зорі своїм розміщенням нагадують яку-небудь фігуру, то їх легко запам'ятати. Такі групи зір ще за стародавніх часів назвали сузір'ями і кожному з них дали свою назву.

У всіх сузір'ях взаємне розташування зір не змінюється, як не змінюється і взаємне розташування самих сузір'їв. Усе небо, усі сузір'я обертаються навколо полюса світу. Коли ми дивимося на Полярну зорю, точніше на полюс світу, то напрям нашого погляду є напрям осі обертання зоряного неба, яка називається в і с с ю с в і т у.

Сузір'я на небі за стародавніх часів були виділені умовно — за ознакою видимої близькості зір. Насправді дві сусідні зорі в одному сузір'ї можуть бути від нас на різній віддалі.

Сузір'я Великої Ведмедиці розташуванням своїх семи найяскравіших зір нагадує ківш або каструлю. Це сузір'я цікаве тим, що коли подумки провести лінію через дві крайні зорі в «передній стінці ковша» (див. рис. на стор. 510), то ця лінія вкаже Полярну зорю.

Уночі можна завжди знайти на небі Велику Ведмедицю, тільки в різний час ночі і в різну пору року це сузір'я буває видно то низько (на початку вечора восени), то високо (улітку), то у східній стороні небосхилу (навесні), то в західній (наприкінці літа). По цьому сузір'ю можна знайти Полярну зорю. Під Полярною зорею завжди і скрізь на горизонті знаходиться т о ч к а п і в н о ч і. Коли дивитися на Полярну зорю, то обличчя буде звернене на північ, за спиною буде південь, праворуч — схід, ліворуч — захід.

Сузір'я Великої Ведмедиці треба знати не тільки для того, щоб знайти на горизонті точку півночі,— від нього ми починаємо шукати в с і інші сузір'я.

Отже, знайдіть на небі характерний ківш із семи зір, що входить до складу сузір'я Великої Ведмедиці. Саме сузір'я не обмежується тільки сімома цими зорями. Ківш і ручка ковша — це тільки частина тулуба і хвіст уявної фігури Великої Ведмедиці, яку за давніх часів малювали на зоряних картах. Передня частина тулуба і морда Ведмедиці будуть справа від ковша, коли ручка ковша звернена вліво. Вони, як і лапи Великої Ведмедиці, утворені безліччю тьмяних зір 3-ї, 4-ї і 5-ї зоряної величини.

У кожному сузір'ї яскраві зорі позначаються буквами грецького алфавіту: α (альфа), β (бета), γ (гамма), δ (дельта), ε (епсилон), ζ (дзета), η (ета), ϑ (тета), ι (йота), $\varkappa$ (каппа), λ (ламбда), μ (мі), ν (ні), ξ (ксі), o (омікрон), π (пі), ρ (ро), σ (сигма), τ (тау), υ (іпсилон), φ (фі), χ (хі), ψ (псі), ω (омега).

Зорі ковша Великої Ведмедиці мають позначення, зазначені на карті (див. стор. 504—505). Усі ці зорі, крім δ (дельта), — 2-ї зоряної величини (δ (дельта) — 3-ї величини); з них особливо цікава середня зоря в ручці ковша. Крім буквеного позначення, вона має і особливу назву — Міцар. Поряд з нею неозброєним оком можна помітити слабеньку зірочку 5-ї величини, яка називається Алькором.

Міцар і Алькор — це найлегша для спостереження подвійна зоря (див. стор. 412—413). Вона була відома ще стародавнім арабським астрономам, які і дали зорям, що становлять цю пару, їх назви. У перекладі з арабської мови ці назви означають «Кінь» (Міцар) і «Вершник» (Алькор).

ПОХОДЖЕННЯ НАЗВ ДЕЯКИХ СУЗІР'ЇВ

Звідки взялися дивні назви сузір'їв, наприклад «Велика Ведмедиця»?

Коли люди в старовину спостерігали зоряне небо, вони звернули увагу на окремі групи яскравих зір. Фантазія допомогла в розташуванні зір побачити обриси казкових героїв або тварин.

Майже з кожним сузір'ям зв'язані якась-небудь стародавня легенда або міф. Так, наприклад, у стародавніх греків існувала легенда, що всемогутній бог Зевс вирішив взяти собі в дружини надзвичайно гарну німфу Каллісто, одну із служниць богині Афродіти, всупереч бажанню останньої. Щоб врятувати Каллісто від переслідувань богині, Зевс обернув Каллісто у ведмедицю і взяв до себе на небо. Про Малу Ведмедицю стародавні греки розповідали, що це ніби улюблена собака Каллісто, обернена у ведмедицю разом із своєю господаркою.

Про сузір'я Кассіопеї, Цефея, Андромеди, Пегаса і Персея розповідали іншу легенду.

Колись, у незапам'ятні часи, в ефіопського царя Цефея була красуня дружина — цариця Кассіопея. Одного разу Кассіопея мала необережність похвастатись своєю красою перед нереїдами — міфічними жительками моря. Образившись, заздрісні нереїди поскаржились богові моря Посейдону, який напустив на береги Ефіопії страшну потвору — кита. Щоб відкупитися від кита, який спустошував країну, Цефей, за порадою оракула, мусив віддати на пожертя потворі свою улюблену дочку Андромеду. Він прикував її до узбережної скелі, і кожну хвилину Андромеда чекала, що з морської пучини вирине кит і проковтне її.

У цей час міфічний герой Стародавньої Греції Персей вершив один із своїх подвигів: він проник на відлюдний острів на краю світу, де жили три страшні жінки — горгони, з клубками змій замість волосся. Погляд горгони перетворював на камінь усе живе. Скориставшись сном трьох горгон, Персей відтяв голову одній з них, на ім'я Медуза, і з розрубаного її тіла випурхнув крилатий кінь Пегас. Прокинувшись, дві інші горгони хотіли було кинутись на Персея, але він скочив на крилатого Пегаса і, тримаючи в руках дорогоцінну здобич — голову Медузи, полетів додому. Пролітаючи над Ефіопією, Персей помітив прикуту до скелі Андромеду. До неї вже наближався кит, що виринув з морських пучин. Персей вступив у смертельний бій з потворою. Йому вдалося перемогти кита лише після того, як він спрямував проти нього моторошний погляд мертвої голови Медузи. Кит скам'янів і перетворився в невеликий острів, а Персей, розкувавши Андромеду, привів її до Цефея і одружився з нею. Головних героїв цього міфа стародавні греки помістили на небо. Так виникли збережені й дотепер назви сузір'їв Цефея, Кассіопеї, Андромеди, Пегаса, Персея.

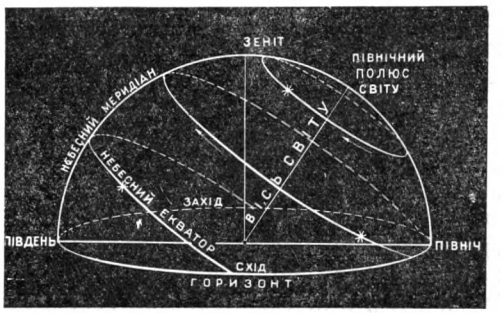


Схема позірного руху зір відносно горизонту для спостерігача в середніх широтах; вісь світу і небесний екватор нахилені до горизонту.

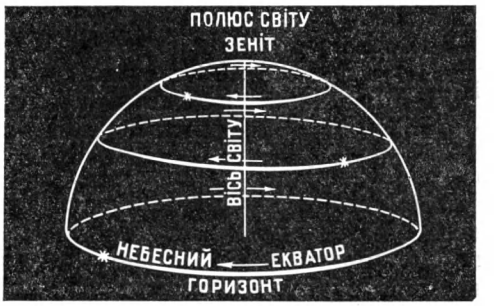


Схема позірного руху зір відносно горизонту для спостерігача на полюсі.

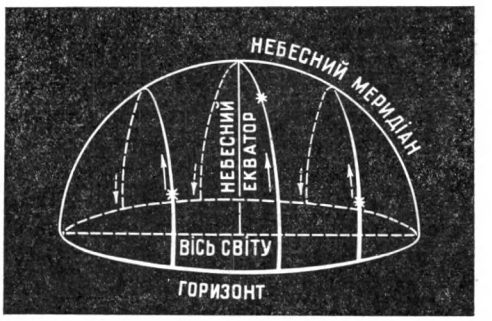


Схема позірного руху зір відносно горизонту для спостерігача на екваторі.

ПРИЧИНИ ОБЕРТАННЯ ЗОРЯНОГО НЕБА

Чому ж зоряне небо ніби обертається і чому саме Полярна зоря майже нерухома? Виявляється, причина цього позірного руху зір — в обертанні Землі. Подібно до того, як людині, що кружляє по кімнаті, здається, ніби вся кімната крутиться навколо неї, так і ми, перебуваючи на Землі, яка обертається, бачимо, що нібито рухаються зорі. З географії відомо, що уявна вісь, навколо якої обертається земна куля, перетинає поверхню Землі в двох точках. Ці точки — Північний і Південний географічні полюси. Якщо напрям земної осі продовжити, то він пройде поблизу Полярної зорі. Ось чому Полярна зоря здається майже нерухомою. Вона знаходиться біля північного полюса світу.

На південному зоряному небі, яке в нашій Північній півкулі можна бачити тільки частково внаслідок кулястої форми Землі, є друга нерухома точка — південний полюс світу, навколо якої обертаються південні зорі.

Ознайомимося тепер докладніше з позірним добовим рухом зір. Станьте обличчям до південної сторони горизонту і спостерігайте за рухом зір. Для того щоб ці спостереження було зручніше проводити, уявіть собі півколо, яке проходить через зеніт (точка прямо над головою) і полюс світу. Це півколо перетнеться з горизонтом у точці півночі (під Полярною зорею) і в протилежній до неї точці півдня. Цю лінію астрономи називають небесним меридіаном. Вона поділяє небозвід на східну і західну половини. Спостерігаючи за рухом зір у південній частині неба, ми помітимо, що зорі, розташовані ліворуч від небесного меридіана (тобто у східній частині неба), піднімаються над горизонтом. Пройшовши через небесний меридіан і попавши в західну частину неба, вони починають опускатись до горизонту. Значить, коли зорі

проходили через небесний меридіан, то в цей момент вони досягли своєї найбільшої висоти над горизонтом. Астрономи називають проходження зорі через найвище положення над горизонтом **верхньою кульмінацією** даної зорі.

Якщо ви станете обличчям на північ і почнете спостерігати за рухами зір у північній частині неба, то помітите, що зорі, які проходять через небесний меридіан нижче від Полярної зорі, у цей момент займають **найнижче** положення над горизонтом. Рухаючись зліва направо, вони, пройшовши небесний меридіан, починають підніматись. Коли зоря проходить через найнижче з можливих положень над горизонтом, астрономи говорять, що зоря перебуває в **нижній кульмінації**.

Отже, якщо зоря проходить через лінію небесного меридіана між полюсом світу (або приблизно Полярною зорею) і точкою півдня, то це буде верхня кульмінація зорі, а якщо зоря проходить через небесний меридіан між полюсом світу і точкою півночі, то це буде нижня кульмінація зорі. У тих зір, які **заходять**, нижньої кульмінації не видно, а у зір, які **не сходять** (зір південної півкулі неба), не видно і верхньої кульмінації, бо обидві вони відбуваються під горизонтом.

Серед сузір'їв, видимих у нашій країні, є такі, які, рухаючись навколо полюса світу, ніколи не заходять за горизонт. Це неважко перевірити спостереженнями: у зимові місяці сузір'я Великої Ведмедиці в момент найнижчого положення протягом доби видно над горизонтом. Але не тільки Велика Ведмедиця є для жителів СРСР сузір'ям, яке не заходить. Зорі Малої Ведмедиці, Кассіопеї, Дракона, Цефея, близько розташовані до північного полюса світу, також ніколи не заходять, наприклад, за київський або московський горизонт. Це — **незаходячі зорі**.

Поряд з зорями, які не заходять за горизонт, є такі, які ніколи не сходять над нашою країною. До них належить багато зір південної півкулі неба. Небо, подібно до земної кулі, у думці поділяється на дві півкулі уявним колом, усі точки якого лежать від полюсів світу на однаковій віддалі. Це коло називається **небесним екватором**. Воно перетинає лінію горизонту в точках сходу і заходу. Усі зорі протягом доби описують шляхи, паралельні небесному екватору. Та півкуля неба, де знаходиться Полярна зоря, називається північною, а друга півкуля — південною. Такі, наприклад, красиві південні сузір'я, як Центавр і Південний Хрест, ніколи не можна бачити в північній півкулі.

ВИГЛЯД ЗОРЯНОГО НЕБА В РІЗНИХ МІСЦЯХ ЗЕМЛІ

У різних місцях земної кулі небо має різний вигляд. Виявляється, вигляд зоряного неба залежить від того, на якій паралелі перебуває спостерігач, тобто, інакше кажучи, яка географічна широта місця спостереження. Пригадайте, що́ географи називають географічною широтою місця. Широта даного пункту на Землі — це відстань у градусах по географічному меридіану від земного екватора до даного місця. Так, наприклад, широта Москви 56° (точніше, 55°45′), широта Ленінграда 59°56′, Києва — 50°27′, Алма-Ати — 43°16′. По зорях можна визначити, на якій широті перебуває спостерігач. Для цього треба виміряти кутову висоту полюса світу (або наближено Полярної зорі) над горизонтом, яка **завжди дорівнює** географічній широті місця. Таким способом, наприклад, визначили і широту зазначених міст.

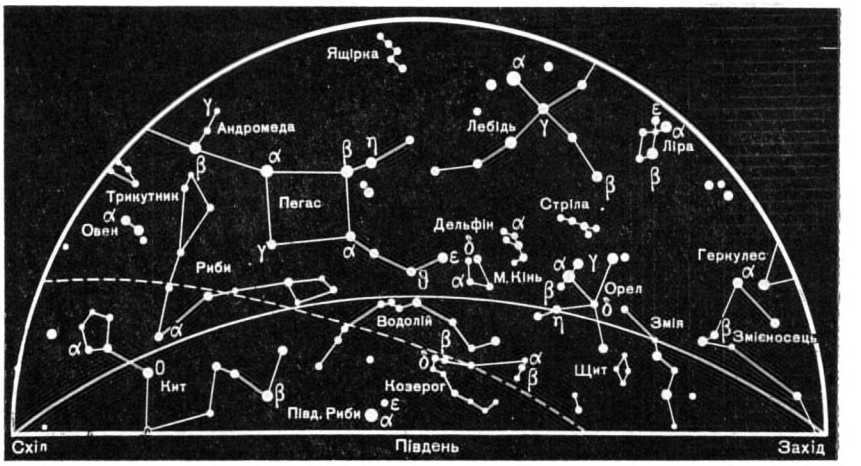
Якщо з Києва або з Москви вирушити в подорож на Північний полюс, то в міру просування ви помітите, що Полярна зоря (або полюс світу) стає все вище й вище над горизонтом. Через те все більше й більше зір не заходитиме. Ось, нарешті, ви прибули на Північний полюс. Тут розташування зір зовсім не схоже на київське або московське небо. Географічна широта Північного полюса земної кулі дорівнює 90°. Значить, висота полюса світу над горизонтом також дорівнює 90°, тобто, інакше кажучи, полюс світу (і Полярна зоря) буде прямо над головою — у зеніті. Неважко зміркувати, що небесний екватор, усі точки якого лежать від полюса світу на 90°, тут, на Північному полюсі, збігатиметься з лінією горизонту. Завдяки цьому на Північному полюсі ви побачите незвичайну картину руху зір: переміщаючись завжди по шляхах, паралельних небесному екватору, зорі рухаються паралельно горизонту. Значить, на Північному полюсі немає сходячих і заходячих зір. Тут всі зорі північної півкулі неба будуть незаходячими, а південної — несходячими.

Якщо тепер подумки перенестися з Північного полюса на земний екватор, то ви побачите цілком іншу картину. У міру вашого просування на південь широта місця і, отже, висота полюса світу (і Полярної зорі) почнуть

зменшуватись, тобто Полярна зоря наближатиметься до горизонту.

Коли ви будете на земному екваторі, географічна широта будь-якої точки якого дорівнює нулеві, то ви побачите таку картину: Північний полюс світу опиниться в точці півночі, а небесний екватор проходитиме через зеніт і стане перпендикулярним до горизонту. У точці півдня лежатиме Південний полюс світу, розташований в сузір'ї Октанта. Усі зорі на земному екваторі протягом доби описують шляхи, перпендикулярні до горизонту. Через те на земному екваторі кожна зоря перебуває півдоби над горизонтом і півдоби під ним. Коли б не було Сонця, через світло якого не можна бачити зір удень, то протягом доби на земному екваторі можна було б спостерігати всі зорі обох півкуль неба.

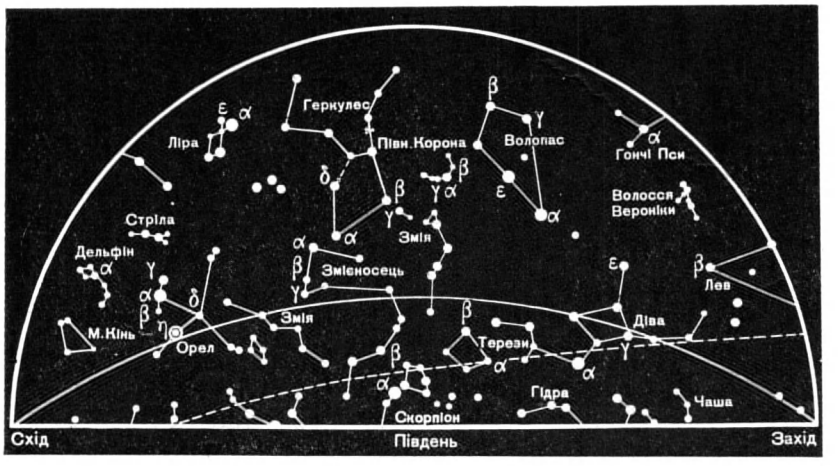
Отже, ми упевнились, що вигляд зоряного неба залежить від положення спостерігача. Ми ознайомилися з тим, як протягом доби відбувається видимий рух зір по небу в різних місцях земної кулі.



Сузір'я, які видно в середніх широтах восени в південній половині неба.

ЗМІНА ВИГЛЯДУ ЗОРЯНОГО НЕБА ПРОТЯГОМ РОКУ

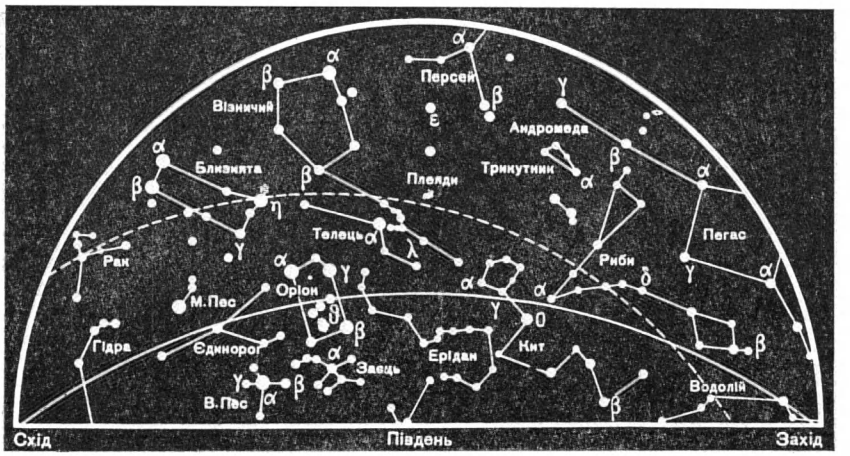
У різні пори року вечорами можна спостерігати різні сузір'я. Чим це пояснюється? Щоб з'ясувати сказане, проведіть деякі спостереження. Незабаром після заходу Сонця виберіть в західній частині неба низько над горизонтом яку-небудь зорю і запам'ятайте її положення відносно горизонту. Якщо приблизно через тиждень в ту саму годину доби ви спробуєте відшукати цю саму зорю незабаром після заходу Сонця, то помітите, що вона тепер стала ближче до горизонту і майже ховається в промінні вечірньої заграви. Пояснюється це тим, що Сонце наблизилось до даної зорі. А через кілька тижнів зоря зовсім ховається в сонячному промінні і її не можна буде спостерігати вечорами. Коли мине ще 2—3 тижні, тоді ту саму зорю буде видно ранками, незадовго перед сходом Сонця, у східній частині неба. Тепер вже Сонце, продовжуючи свій рух з заходу на схід, опиниться далі на схід від цієї зорі.



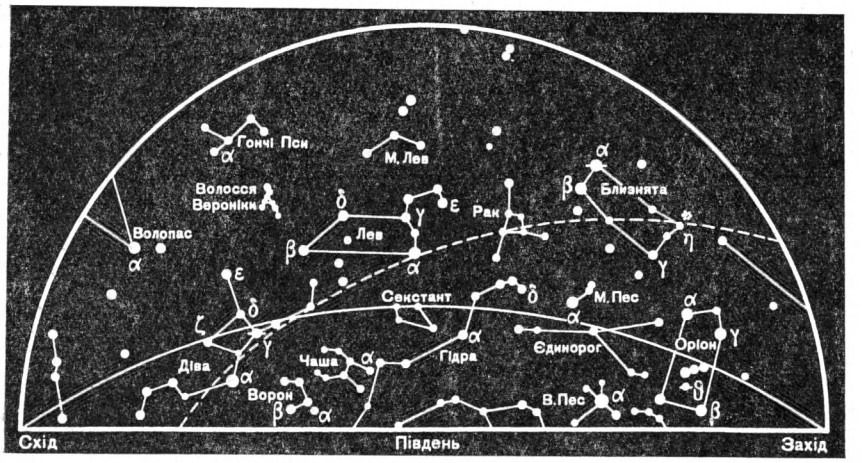
Сузір'я, які видно в середніх широтах влітку в південній половині неба.

Такі спостереження показують, що Сонце не тільки рухається разом із своїми зорями, протягом доби сходячи на сході і заходячи на заході, але ще й повільно переміщається серед зір у зворотному напрямі (тобто з заходу на схід), переходячи з сузір'я в сузір'я.

Звичайно, те сузір'я, в якому в даний момент перебуває Сонце, ви спостерігати не зможете, бо воно сходить разом з Сонцем і рухається по небу вдень, тобто тоді, коли зір не



Сузір'я, які видно в середніх широтах взимку в південній половині неба.



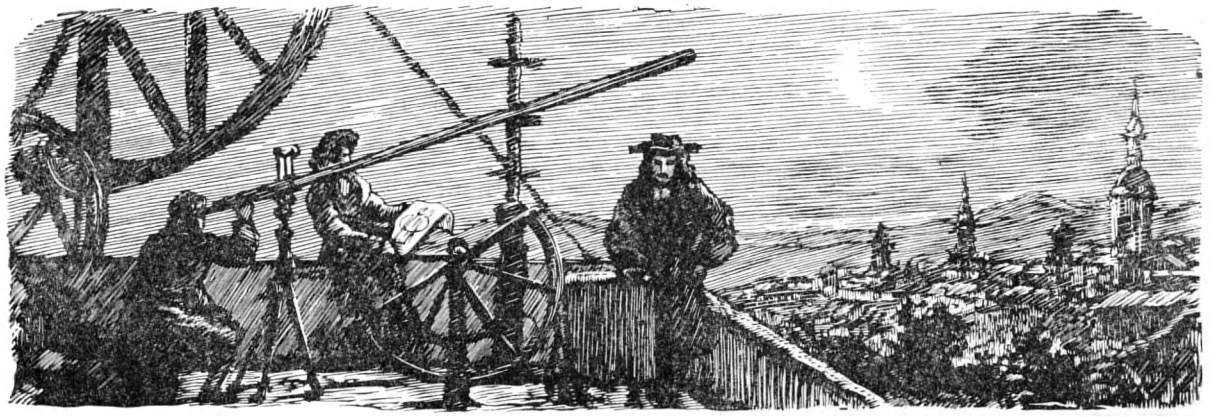
Сузір'я, які видно в середніх широтах навесні в південній половині неба.

видно. Сонце своїм промінням «гасить» зорі не тільки того сузір'я, де воно перебуває, а й усі інші. Тому спостерігати їх не можна.

Шлях, по якому Сонце переміщається серед зір протягом року, називається е к л і п т и к о ю. Він проходить по дванадцяти так званих з о д і а к а л ь н и х с у з і р ' я х, в кожному з яких Сонце щороку буває приблизно по одному місяцю. Назви цих сузір'їв, з зазначенням відповідного місяця, такі: Риби (березень), Овен (квітень), Телець (травень), Близнята (червень), Рак (липень), Лев (серпень), Діва (вересень), Терези (жовтень), Скорпіон (листопад), Стрілець (грудень), Козерог (січень), Водолій (лютий).

Річний рух Сонця серед зір позірний. Насправді рухається сам спостерігач разом з Землею навколо Сонця; через те і здається, що Сонце переходить з одного сузір'я в інше. І якщо ми будемо протягом року вечорами спостерігати зорі, то виявимо, що вигляд зоряного неба поступово змінюється. Ми зможемо ознайомитися з сузір'ями, які видно в різні пори року.

Описані в цій статті найпростіші небесні явища й інші можна побачити штучно відтвореними в «зоряному театрі» — планетарії (див. стор. 515).



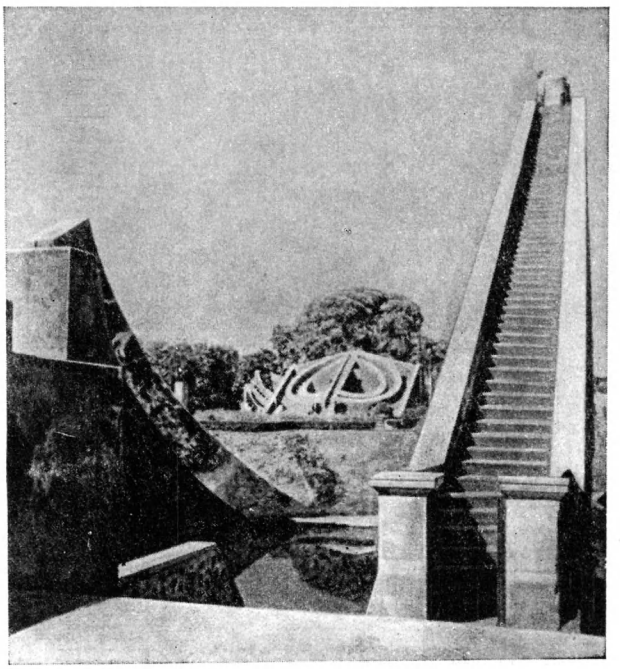
Як розвивалася наука про Всесвіт

АСТРОНОМІЯ ЗА СТАРОДАВНІХ ЧАСІВ

Астрономія — дуже давня наука. Вона виникла, як зазначав один з великих основоположників наукового комунізму Фрідріх Енгельс, у зв'язку з практичними потребами людей ще в сивій давнині.

Основним заняттям найдавніших народів було скотарство і землеробство. Тому їм треба було мати уявлення про явища природи, про їх зв'язок з порами року. Людям було відомо, що зміна дня і ночі зумовлена явищами сходу та заходу Сонця. Вже в найстародавніших державах: Стародавньому Єгипті, Вавілонії, Китаї, Індії та ін.— землеробство і скотарство регулювались такими сезонними (тобто такими, що повторюються в одні й ті самі пори року) явищами природи, як розливи великих рік, настання дощів, зміна теплої і холодної погоди тощо. Давні спостереження неба привели до відкриття зв'язку між зміною пір року і такими небесними явищами, як зміна полудневої висоти Сонця протягом року, поява на небі з настанням вечірньої темряви легко помітних яскравих зір.

Таким чином, ще за давніх-давен були закладені основи календаря, в якому основною мірою для лічби часу стала доба (зміна дня і ночі), місяць (проміжок між двома новими місяцями) і рік (час позірного повного обороту



Старовинна індійська обсерваторія в місті Делі. Справа — гігантський сонячний годинник. Ззаду видно так звану «Місра Янтра» — комбінацію з п'яти астрономічних інструментів.

Сонця по небу серед зір). Календар був потрібний в першу чергу для того, щоб з певною точністю розраховувати час початку польових робіт. Ще в сиву давнину було встановлено приблизну тривалість року — $365^1/_4$ доби. Насправді тривалість року (тобто періоду обертання Землі навколо Сонця) становить 365 діб 5 годин 48 хвилин 46 секунд — на 11 хвилин 14 секунд менше, ніж $365^1/_4$ доби. Ця «приблизність» давалася взнаки — з часом календар «розходився» з природою, очікувані сезонні явища наставали трохи раніше, ніж це мало було бути за календарем. З кожним роком розходження збільшувалось.

Потрібні були спостереження неба і земних явищ, щоб постійно уточнювати календар, «зближати» його з природою. Такі спостереження велися вже в деяких країнах Стародавнього Сходу.

З часом було також виявлено, що, крім Сонця й Місяця, є ще п'ять світил, які постійно переміщаються по небу серед зір. Ці «мандрівні» світила стали називатись планетами і згодом дістали добре знайомі нам назви — Меркурій, Венера, Марс, Юпітер і Сатурн. Стародавні спостереження дали можливість помітити на небі обриси найбільш характерних сузір'їв і встановити періодичність настання таких явищ, як сонячні і місяцеві затемнення.

Спостерігаючи небесні явища, люди ще не знали причин, що їх зумовлюють. Зорі і планети вони бачили як точки, що світяться на небі, але про їх дійсну природу, так само як і про природу Сонця й Місяця, нічого не було відомо. Не розуміючи природи небесних світил, не знаючи законів розвитку людського суспільства і справжньої причини воєн і хвороб, люди обожнювали світила, приписуючи їм вплив на долю людей і народів. Так виникла псевдонаука — астрологія, яка намагалась завбачувати долю людей по рухах небесних світил.

Справжня наука давно вже спростувала вигадки астрології. Проте в капіталістичних країнах і тепер є багато астрологів, які обдурюють довірливих людей.

Наука і релігія глибоко ворожі одна одній. Наука відкриває закони природи і допомагає людям використати природу в своїх інтересах. Релігія, навпаки, завжди сіяла в людях почуття безпорадності і страху перед природою. В усі часи релігія, спираючись на недостатність знань, на марновірства та забобони, перешкоджала розвитку науки. За стародавніх часів, коли люди не знали законів природи, вплив релігії та її служителів — жерців був особливо сильний. Жерці відігравали велику роль у господарському і політичному житті стародавньосхідних держав. Вони були зацікавлені в астрономічних спостереженнях, бо календар був їм потрібний для встановлення дат різних релігійних свят.

Господарський уклад стародавніх держав з їх примітивним землеробством, скотарством і ремеслом, що грунтувався на ручній праці рабів, не потребував ще скільки-небудь високого розвитку науки і техніки. Тому астрономічні спостереження, які проводилися в державах Стародавнього Сходу протягом багатовікової історії, не могли привести до створення астрономії як науки, здатної пояснити будову Всесвіту.

У числі інших держав Стародавнього Сходу чималих успіхів досягли астрономічні спостереження в Китаї, де, крім жерців, здавна були астрономи, які спеціально провадили спостереження неба. Китайські астрономи не тільки навчились завбачати настання затемнень, а й уперше спостерігали сонячні плями. І пізніше астрономія в Китаї продовжувала розвиватись. У IV ст. до н. е. китайські астрономи вперше склали так званий зоряний каталог — список

800 найяскравіших зір, зазначивши їх положення на небі.

Астрономічні пізнання, нагромаджені в Стародавньому Єгипті та Вавілонії, перейняли стародавні греки. У Стародавній Греції були сприятливіші умови для розвитку науки, ніж у Китаї, Єгипті та Вавілонії. До VI ст. до н. е. греки встановили постійні зв'язки з багатьма країнами.

Вже перші грецькі вчені того часу намагались довести, що Всесвіт існує без участі божественних сил. Грецький філософ Фалес вчив, що все в природі — і Земля і небо — виникло з одного «первісного» елемента—води. Інші вчені вважали таким «первісним» елементом вогонь або повітря. У тому самому VI ст. до н. е. грецький філософ Геракліт висловив геніальну думку, що Всесвіту ніколи ніхто не створював, а він завжди був, є й буде, що в ньому немає нічого незмінного — усе рухається, змінюється, розвивається. Ця чудова думка, висловлена Гераклітом, згодом лягла в основу сучасної науки, завданням якої є вивчення законів розвитку природи і людського суспільства.

Проте було багато грецьких учених, які наївно вважали, що Земля — найбільше тіло у Всесвіті і перебуває в його центрі. При цьому вони гадали, що Земля — нерухоме плоске тіло, навколо якого обертаються Сонце, Місяць і планети. Тільки пізніше, систематично спостерігаючи природу, учені могли прийти до висновку, що будова Всесвіту і Землі, на якій ми живемо, далеко складніша, ніж вона здається необізнаному спостерігачеві. На початку VI ст. до н. е. Піфагор вперше висловив припущення, що Земля не плоске тіло, а має кулясту форму.

Значним досягненням науки було вчення грецьких філософів Левкіппа і Демокріта, які твердили, що все існуюче складається з дрібнісіньких частинок матерії — атомів і що всі явища природи відбуваються без усякої участі богів і інших надприродних сил.

Пізніше, у IV ст. до н. е., з викладом своїх поглядів на будову Всесвіту виступив філософ Арістотель. Вдаючись до дотепних міркувань, він довів кулястість Землі. Арістотель твердив, що місяцеві затемнення бувають тоді, коли Місяць потрапляє в тінь, що її відкидає Земля. На диску Місяця ми бачимо край земної тіні завжди круглим. І самий Місяць має опуклу, скоріше кулясту форму. Таким шляхом Арістотель прийшов до висновку, що Земля, безумовно, куляста і що кулясті, очевидно, усі небесні тіла.

Давня китайська обсерваторія. Спостереження над зорями астрономи вели, користуючись кутомірними інструментами.
(Рисунок В. І. Таубера).

Арістотель вважав, що Земля — центр Всесвіту, навколо якого обертаються всі небесні тіла. Всесвіт, на думку Арістотеля, має скінченні розміри — його ніби замикає сфера зір. Своїм учennям Арістотель закріпив на багато століть хибну думку, що Земля — нерухомий

Арістотель.
(Рисунок В. І. Таубера).

центр Всесвіту. Цю думку, що відповідала вченню грецької релігії, поділяли і пізніші грецькі вчені. Потім її прийняла як беззаперечну істину християнська церква.

Великий російський учений М. В. Ломоносов, який все життя пристрасно боровся за торжество науки над забобонами, писав, що протягом багатьох віків «ідолопоклонський забобон тримав астрономічну Землю в своїх щелепах, не даючи їй рухатись».

Проте і в Греції після Арістотеля деякі передові вчені висловлювали сміливі і правильні догадки про будову Всесвіту.

Арістарх Самоський, який жив у III ст. до н. е., вважав, що Земля обертається навколо Сонця. Віддаль від Землі до Сонця він визначив у 600 діаметрів Землі. Насправді ця віддаль в 20 раз менша від дійсної. Але на той час і вона здавалась неймовірно величезною. Проте цю віддаль Арістарх вважав мізерною порівняно з віддаллю від Землі до зір. Цих геніальних думок Арістарха, які через багато століть були підтверджені відкриттям Коперніка, не зрозуміли сучасники. Самого Арістарха обвинуватили в безбожництві і засудили на вигнання, а його пророчі догадки були забуті.

Наприкінці IV ст. до н. е. після походів і завоювань Александра Македонського грецька культура проникла в усі країни Близького Сходу. Місто Александрія, що виникло в Єгипті, стало найбільшим культурним центром (у самій Греції в цей час почався занепад культури). В Александрійській академії, яка об'єднувала вчених того часу, протягом кількох століть провадились астрономічні спостереження вже за допомогою кутомірних інструментів. Александрійські астрономи досягли великої точності в своїх спостереженнях і внесли багато нового в астрономію.

У III ст. до н. е. александрійський учений Ератосфен уперше визначив розміри земної кулі (див. том 1 «ДЕ»).

У II ст. до н. е. великий александрійський астроном Гіппарх, використовуючи вже нагромаджені спостереження, склав каталог понад 1000 зір з досить точним визначенням їх положення на небі. Гіппарх поділив зорі на групи і до кожної з них відніс зорі приблизно однакового блиску. Зорі з найбільшим блиском він назвав зорями першої величини, зорі з трохи меншим блиском — зорями другої величини і т. д. Гіппарх помилково думав, що всі зорі перебувають від нас на однакових віддалях і що через це різниця в їх блиску залежить тільки від їх розмірів. Насправді справа стоїть інакше: зорі перебувають на різних віддалях від нас. Тому зоря величезних розмірів, але яка перебуває на дуже великій віддалі від нас, за своїм блиском здаватиметься зорею далеко не першої величини. Навпаки, зоря першої величини може бути за своїми розмірами дуже скромною, але знаходитись порівняно близько від нас. Проте Гіппархові «величини» як позначення видимого блиску зір збереглися до нашого часу.

Гіппарх уперше визначив розміри Місяця та його віддаль від нас і, зіставляючи результати особистих спостережень і спостережень своїх попередників, вивів тривалість сонячного року з дуже малою помилкою (тільки на 6 хвилин). Пізніше, у I ст. до н. е., александрійські астрономи брали участь у реформі календаря, яку проводив римський диктатор Юлій Цезар. Ця реформа привела до запровадження календаря, яким користувались у Західній Європі до XVI—XVIII ст., а в нашій країні — до Великої Жовтневої соціалістичної революції. Про це читач докладніше дізнається із статті «Лічба часу, годинник і календар» (див. стор. 429).

Гіппарх і інші астрономи тієї епохи приділяли багато уваги спостереженням рухів планет. Ці рухи здавались надзвичайно заплутаними. Насправді, напрям руху планет по небу ніби періодично змінюється — планети немов описують петлі по небу. Ця позірна складність у русі планет в дійсності зумовлена рухом Землі навколо Сонця. Але стародавні астрономи, які вважали Землю нерухомою, думали, що планети справді роблять такі складні рухи навколо Землі.

У II ст. н. е. александрійський астроном Птолемей висунув свою «систему світу». Він намагався пояснити будову Всесвіту з урахуванням видимої складності руху планет.

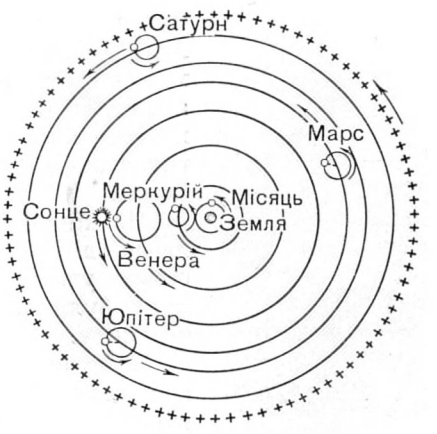
Вважаючи Землю кулястою, а її розміри мізерними порівняно з віддаллю до планет і тим більше до зір, Птолемей, проте, услід за Арістотелем твердив, що Земля — нерухомий центр Всесвіту. Оскільки Птолемей вважав Землю центром Всесвіту, його система світу була названа геоцентричною [1].

Навколо Землі, на думку Птолемея, рухаються (у порядку зростання віддалей) Місяць, Меркурій, Венера, Сонце, Марс, Юпітер, Сатурн, зорі. Та якщо рух Місяця, Сонця, зір правильний коловий, то рух планет далеко складніший. Кожна з планет, на думку Пто-

[1] *Гео* — по-грецьки «Земля».

лемея, рухається не навколо Землі, а навколо якоїсь точки. Ця точка, у свою чергу, рухається по колу, в центрі якого знаходиться Земля. Коло, що його описує планета навколо рухомої точки, Птолемей назвав епіциклом, а коло, по якому рухається точка навколо Землі,— деферентом.

Важко уявити собі, щоб у природі могли відбуватись такі заплутані рухи, та ще навколо уявних точок. Така штучна побудова потрібна була Птолемею для того, щоб пояснити видиму складність руху планет, виходячи з хибного уявлення про нерухомість Землі, розташованої в центрі Всесвіту.



Система світу за Птолемеєм.

Система світу Арістотеля — Птолемея здавалась сучасникам правдоподібною. Вона давала можливість заздалегідь обчислювати рух планет на майбутній час — це було потрібно для орієнтування в дорозі під час подорожей та для календаря. Проте це була хибна система. Вона не відбивала справжньої будови Всесвіту, бо Земля в дійсності не знаходиться в центрі Всесвіту. Проте систему світу Птолемея визнавали майже півтори тисячі років.

Геоцентрична система світу Птолемея виникла в той час, коли і Єгипет і Греція давно вже були завойовані Римом. Величезна Римська імперія йшла до занепаду, до якого її привели рабовласницький лад, що зжив себе, тривалі війни і навала відсталих народів. Поряд із руйнуванням старовинних міст винищувались пам'ятки грецької науки.

На зміну рабовласницькому ладові прийшов феодальний лад. Християнська релігія, яка поширилася на цей час у країнах Європи, визнала геоцентричну систему світу згідною із своїм ученням.

В основу свого світорозуміння християнство поклало біблейську легенду про створення світу богом за шість днів. За легендою, Земля є «осередком» Всесвіту, а небесні світила створено для того, щоб освітлювати Землю і прикрашати небесне склепіння. Будь-який відступ від цих поглядів християнство нещадно переслідувало. Система світу Арістотеля — Птолемея, яка ставила Землю в центр Всесвіту, не суперечила християнському віровченню. А втім, багато «отців церкви» відмовлялось визнавати саме ті положення цієї системи світу, які були правильними, наприклад положення про кулястість Землі. У християнських країнах дуже поширилося «учення» ченця Козьми Індікоплова, який вважав Землю плоскою, а небо ніби «покришкою» над нею. Це вчення було вороттям до найпримітивніших уявлень найдавніших народів про будову Всесвіту.

В епоху середньовіччя східні країни значно випередили Європу в розвитку науки. В Індії, у Китаї і у величезній державі, яку у VIII ст. заснували араби, астрономія зробила великі успіхи, перевершивши рівень, якого свого часу досягла грецька астрономія.

Але найбільшого розвитку в середні віки астрономія досягла в країнах Середньої Азії та в Азербайджані. Великі середньоазіатські вчені Біруні, Омар Хайям і інші, а також азербайджанський астроном Насіреддін Тусі були найвидатнішими астрономами середньовіччя. Їх працями в значній мірі був підготовлений революційний переворот у науці, здійснений у XVI ст. великим польським ученим Коперніком. Коперник довів, що Земля і планети рухаються навколо Сонця, і остаточно спростував хибну систему світу Птолемея. Але про це читач довідається з інших нарисів.

ВЕЛИКІ АСТРОНОМИ СЕРЕДНЬОЇ АЗІЇ

Народи Середньої Азії, що входять тепер у Союз Радянських Соціалістичних Республік, ще у глибокій давнині створили високу культуру. Середньоазіатські вчені розвивали і рухали науку вперед у той час, коли в Західній Європі вона була в занепаді. Коперник та інші великі вчені Європи, які створили у XVI—XVII ст. нове вчення про будову Всесвіту, мали гідних попередників в особі великих середньоазіатських учених IX—XV ст.

Середньоазіатські народи мусили з давніх-давен у запеклій боротьбі обстоювати свою незалежність. Великі області Середньої Азії в першій половині IV ст. до н. е. були завойовані греками під проводом Олександра Македонського, а через тисячу років — арабами.

На початку XIII ст. Середню Азію захопили монголи на чолі з Чінгісханом. Звідси монголи поширили свої завоювання на Кавказ

Біруні — видатний учений з Хорезма.
(Рисунок В. І. Таубера).

і Східну Європу. Проте ні війни, ні тимчасове панування іноземних завойовників не могли зупинити розвиток культури середньоазіатських народів.

Протягом багатьох століть у низах Аму-Дар'ї процвітала культура Хорезмської держави.

Лише в наш час праці радянських археологів дали можливість вивчити величну культуру Стародавнього Хорезму з її чудовими пам'ятками архітектури та образотворчого мистецтва. Великими культурними центрами Середньої Азії були Бухара — столиця могутньої Таджицької держави, а також Мерв і Самарканд (найважливіший центр узбецької культури, що розвивався в умовах тяжкого гніту монгольських завойовників).

Досягнення середньоазіатських учених, що працювали в Стародавньому Хорезмі, Бухарі, Мерві, Самарканді, не тільки далеко випередили науку інших народів, а й стали джерелом для наступних досягнень європейської науки. Особливо це стосується астрономії.

Вже в першій половині IX ст. у Хорезмі жив і працював видатний учений Мухаммед, прозваний Аль-Хорезмі (з Хорезма), великий математик своєї епохи, один з творців алгебри. Аль-Хорезмі був також неабияким астрономом, він значно поліпшив таблиці руху планет, які склав Птолемей, і винайшов астролябію — прилад, який багато століть застосовували для визначення широти та довготи місць на поверхні Землі.

На кінець X і першу половину XI ст. припадає діяльність найвидатнішого з хорезмських учених — Біруні (973—1048). Праці Біруні були найвищим досягненням науки в ту епоху.

Живучи в умовах панування мусульманської релігії (яка ставилась до науки так само вороже, як і християнська), Біруні сміливо і впевнено виступав проти релігійного світорозуміння. Він вважав, що в природі все існує і змінюється за законами самої природи, а не за божественним велінням. На думку Біруні, віра в таємничі сили, які нібито існують в природі і впливають на долю людини, виникла через незнання законів природи. А збагнути ці закони люди можуть тільки за допомогою науки.

Біруні працював у різних галузях науки: він вніс багато нового в історію, у географію та в мінералогію. Він був найвидатнішим астрономом свого часу. Біруні категорично твердив, що Земля має кулясту форму. Він підкреслював, що коли б Земля не була кулястим тілом, то багато що в природі мало б зовсім інші прояви, наприклад, тривалість днів і ночей не змінювалась у різні пори року.

Виходячи з правильного уявлення про форму Землі, Біруні визначив розміри (довжину кола) Землі точніше, ніж це зробив свого часу Ератосфен. Із спостережень над зниженням лінії горизонту, що розглядається з підвищеного місця, він обчислив, що довжина кола Землі дорівнює (у переводі на наші міри) 41 550 *км*. Справжня довжина кола Землі, установлена сучасною наукою внаслідок точніших вимірювань та розрахунків, дуже мало відрізняється від обчисленої Біруні.

Біруні багато часу віддавав астрономічним спостереженням і прагнув науково пояснити спостережувані явища, які були загадкою для сучасних йому астрономів. Так, він вважав, що сонячна корона — сяйво навколо Сонця, яке видно під час повних сонячних затемнень,— зумовлюється потоками легкої речовини, подібної до диму, який вириваєтся з надр Сонця. Цю догадку Біруні в наш час наука підтвердила. Але, звичайно, явища на Сонці, що спричинюють утворення сонячної корони,

складніші, ніж свого часу міг думати Біруні. Він вважав, що в астрономії, як і в усякій науці, ніякі міркування не заслуговують довір'я, якщо вони не підтверджені спостереженням і дослідом.

Біруні критично ставився до вчення Птолемея і допускав можливість руху Землі навколо Сонця. Таким чином, за п'ятсот років до Коперніка Біруні правильно уявляв собі будову сонячної системи. Як справжній вчений, він завжди боровся проти втручання релігії в справи науки. За свої передові погляди Біруні постійно зазнавав переслідувань з боку мусульманських фанатиків і тричі мусив кидати батьківщину і переховуватися в чужих краях.

Старшим сучасником Біруні був великий таджицький учений Ібн-Сіна, який відомий в Європі під ім'ям Авіценни. Авіценна найбільше уславився як основоположник медицини, але він одночасно був і видатним математиком і астрономом.

В XI ст. і на початку XII ст. жив і творив Омар Хайям (близько 1040—1123 рр.) — великий таджицький поет, учений і філософ. Омар Хайям був справжнім революціонером у науці. Він вважав, що Земля, як і інші небесні тіла, рухається в безконечному просторі Всесвіту, обертаючись навколо своєї осі. Омар Хайям твердив, що Всесвіт ніколи не створювався, він існує вічно. Як і Біруні, Омар Хайям учив, що тільки наука може відкривати закони природи і примушувати природу служити нам.

У Закавказзі (в Азербайджані) в XIII ст. уславився своїми спостереженнями астроном Мухаммед Насіреддін Тусі (1201—1274), який збудував чудову обсерваторію в Маразі. Разом з іншими астрономами він склав таблиці положення планет та зір, точніші, ніж таблиці Гіппарха і Птолемея. Він ознайомив східних учених з усіма досягненнями старогрецької астрономії.

Великі вчені Середньої Азії були не тільки визначними мислителями, які висловлювали правильні, пізніше підтверджені наукою погляди на будову світу, а й чудовими спостерігачами, які з неослабною увагою стежили за явищами природи. Особливо уславились своїми спостереженнями самаркандські астрономи XV ст., у числі яких був і сам правитель Самарканда Улуг-бек (1394—1449). Улуг-бек був онуком відомого завойовника Тімура, який у другій половині XIV ст. захопив владу у Середній Азії, а потім після успішних походів очолив величезну імперію, яка сягала від

Улуг-бек — знаменитий узбецький астроном.
(Рисунок В. І. Таубера).

Інду до Волги, від кордонів Китаю до Малої Азії. Столицею держави Тімура був Самарканд. До роботи в цьому місті Тімур залучав учених, художників, будівельників як з інших міст Середньої Азії, так і із завойованих країн. Завдяки їх праці Самарканд прикрасився чудовими будівлями, став одним з найкрасивіших міст світу.

Після смерті Тімура його величезна імперія розпалась. Улуг-бек, який ще замолоду був намісником у Самарканді, а згодом об'єднав під своєю владою значну частину Середньої Азії, не був завойовником — його покликанням була наука.

Вивчивши астрономію під керівництвом учених, яких він зосередив у Самарканді, Улуг-бек сам став провадити спостереження над небом. Він збудував у Самарканді грандіозну обсерваторію. Таких великих і добре обладнаних обсерваторій не було ніде ні до Улуг-бека, ні довгий час після нього.

Величезний будинок цієї обсерваторії, споруджений на одному з горбів у Самарканді, вражав сучасників своїми розмірами і пишнотою. Але ще кращим було її обладнання. Її

оснастили найкращими на той час інструментами. Телескопів тоді ще не було. Астрономи провадили свої спостереження за допомогою кутомірних інструментів, якими визначали положення світил на небі і віддалі між ними в градусах і мінутах дуги. Інструменти обсерваторії Улуг-бека були найбільшими і найдосконалішими, які тільки можна було тоді виготовити. Працюючи з ними, самаркандські астрономи— Джемшид, Алі Кушчі та ін.— досягли такої точності у своїх спостереженнях, яка ще півтора століття лишалась неперевершеною.

Найзначнішою з праць самаркандських астрономів були «Зоряні таблиці» — каталог, який містив точні положення на небі 1018 зір. Цей каталог довго залишався найповнішим і найточнішим; європейські астрономи перевидавали його ще через два століття. Не меншою точністю відзначались самаркандські таблиці рухів планет. Спостереження астрономів Улуг-бек як правитель широко використав для практичної мети — визначення географічних координат різних місць у Середній Азії.

Улуг-бек вороже ставився до мусульманської релігії і дбав про поширення освіти в народі. У Самарканді й інших містах він відкривав навчальні заклади, де викладались «світські» науки. Зрозуміло, що мусульманські фанатики ненавиділи Улуг-бека—вільнодумця і віровідступника. Кінець кінцем Улуг-бека було вбито.

Так передчасно обірвалось життя Улуг-бека, а потім і діяльність учених, що об'єднувалися навколо нього. Після загибелі Улуг-бека у країні почалося гоніння проти науки і вчених, які мусили залишити країну. Незабаром мусульманські фанатики зруйнували ненависну їм обсерваторію, і її руїни з часом зрівнялись з землею. Саме місцезнаходження обсерваторії було потім забуте. Тільки недавно нашим ученим удалося виявити в землі рештки обсерваторії Улуг-бека і скласти повне уявлення про цю чудову для свого часу споруду.

Змушені залишити Самарканд, астрономи працювали в інших країнах, продовжуючи дослідження. Але ще й за життя Улуг-бека праці самаркандських астрономів були широко відомі в усьому світі і зробили великий вплив на розвиток астрономії.

Наступ реакції в багатьох країнах Середньої Азії і зростаючий гніт мусульманської релігії надовго затримали розвиток культури народів Середньої Азії, яка знову розквітла лише при Радянській владі. Але їх гордістю й дотепер залишаються імена видатних учених Мухаммеда з Хорезма, Біруні, Омара Хайяма, Улуг-бека та ін. Працею цих вчених астрономія була піднята на таку височінь, якої вона ніколи не досягала до Коперніка.

Самаркандські астрономи були останніми із знаменитих середньоазіатських астрономів тієї епохи. Через сто років у слов'янських землях Європи Коперник зробив своє велике відкриття, яке стало основою розвитку наших сучасних знань про Всесвіт.

У своїх наукових шуканнях учені Середньої Азії використали досягнення науки Стародавньої Греції, а також і індійської науки, що досягла високого розвитку в IV—VIII ст., особливо в галузі математики, фізики та астрономії. Відомо, що індійські астрономи Аріабхата (початок V ст.) і Варахаміхара обстоювали не тільки кулястість Землі, а й її обертання навколо своєї осі. На жаль, не збереглося ніяких відомостей про те, якими доводами вони обгрунтовували свою думку. У VII ст. інший визначний мислитель — Брамагупта висловив здогад, що Земля притягує до себе всі інші тіла. Отже, Брамагупта наближався до думки про існування всесвітнього тяжіння, хоч і не міг обгрунтувати це так, як через більш як тисячу років це зробив Ньютон. Розвитку астрономії в Індії сприяли успіхи індійської математики, яка потім мала великий вплив на європейську математику. (В Індії була створена і поширилась на весь світ десяткова система числення).

ЗАРОДЖЕННЯ НОВОЇ АСТРОНОМІЇ

У середньовічній Європі розвиток науки затримався на багато століть. Кращі досягнення учених стародавніх часів були забуті. Будь-яку спробу наукового обгрунтування світу християнська церква нещадно переслідувала.

З XII—XIII ст. у різних країнах Європи почали відкривати університети, але в них вивчалося головним чином богослов'я. Вивченню природи зовсім не приділялось уваги. Відсталий економічний лад середньовіччя затримував розвиток науки і техніки.

У другій половині XV ст. виникає новий клас суспільства — буржуазія, зацікавлена у відкритті нових країн, у завоюванні та колонізації далеких земель. Буржуазія дала потужний поштовх розвитку торгівлі, мореплавства, промисловості і завдала нищівного удару

відсталому феодальному ладу. Почалась епоха капіталізму.

В Європі, у першу чергу в Італії, а за нею і в інших країнах, настала так звана епоха Відродження, зв'язана з буржуазним розвитком науки та мистецтв, з великими географічними відкриттями, боротьбою проти всесильного панування церкви.

Епоха Відродження висунула великих прогресивних діячів в усіх галузях культури. Великі вчені і філософи цього часу спростували старі, віджилі уявлення про будову світу і в запеклій боротьбі з церквою заклали міцний фундамент наших знань про Всесвіт.

Середньовічні християнські «учені» пояснювали природу за біблією і творами Арістотеля та Птолемея, в яких кожне слово вважалось за істину, хоч би воно докорінно суперечило тому, що насправді відбувається в природі. Проти цієї безпорадної «науки» (або, як її назвали, схоластики) виступили великі вчені епохи Відродження; їх завданням було розкрити справжні закони природи.

Наприкінці XV і на початку XVI ст. заокеанські подорожі Колумба, Васко да Гами й інших сміливих мореплавців привели до відкриття Америки та морського шляху до Індії, розширили сформовані віками уявлення про нашу планету. Виявилось, що Земля більша, ніж гадали в середні віки. У 1519—1521 рр. перша кругосвітня подорож Магеллана підтвердила, що Земля має кулясту форму (див. том 1 «ДЕ»).

Далекі заокеанські подорожі стали можливими після того, як у XV ст. знов були переглянуті Птолемейові таблиці рухів планет. Нові обчислення дали можливість ще на деякий час «узгодити» таблиці із спостереженнями, але це вимагало ще більшого ускладнення системи Птолемея. Це була остання і марна спроба середньовічних учених «полагодити» надуману систему світу.

Остаточного удару системі світу Птолемея — а разом з нею і церковному світогляду — було завдано в середині XVI ст. великим відкриттям Миколая Коперніка.

МИКОЛАЙ КОПЕРНІК

24 травня (ст. ст.) 1543 р. тяжка, гнітюча звістка рознеслася серед жителів Фромборка — рибальського містечка в гирлі Вісли, на півночі Польщі. Ця звістка швидко поширилась по всіх навколишніх селах і всій області, засмучуючи простих людей — селян, рибалок, ремісників: після довгої хвороби помер Миколай Копернік.

Прості люди Вармії (так називалась самостійна церковна область у Польщі, центром якої було містечко Фромборк) знали, що лікар Копернік — найосвіченіша людина в усій державі, завжди був їх другом і захисником. Досвідчений лікар, Копернік безкоштовно лікував бідняків: і вдень і вночі він ладен був поспішати на допомогу хворому. Усі знали, що, беручи участь в управлінні областю, Копернік захищав права простих людей. Багато хто пам'ятав страшний час, майже чверть століття тому, коли зухвалі загарбники — тевтонські пси-рицарі — напали на країну і принесли з собою смерть і руйнування. І тоді миролюбний учений лікар Копернік, пристрасний патріот, очолив оборону одного з міст.

Після дворічної героїчної боротьби загарбників вигнали за межі польської землі.

Коперніка знали не тільки його земляки і співвітчизники, а й передові вчені багатьох країн. Звістка про його смерть була і для них тяжким ударом. І тільки друга звістка, що прийшла услід за першою, пом'якшила тяжкість втрати: стало відомо, що Копернік встиг закінчити і надрукувати велику працю, якій він віддавав весь свій вільний час протягом більш як тридцяти років. То була його безсмертна книжка «Про обертання небесних сфер», в якій він довів, що Всесвіт побудовано зовсім не так, як протягом багатьох століть проповідувала релігія.

Майже півтора тисячоліття люди перебували в полоні хибного вчення старогрецького вченого Птолемея, яке твердило, що Земля нерухомо стоїть у центрі Всесвіту. Послідовники Птолемея на догоду церкві вигадували все нові

Миколай Копернік.
(Гравюра Л. О. Кравченко).

«роз'яснення» і «докази» руху планет навколо Землі, щоб захистити «істинність» і «святість» його хибного вчення. Але від таких «лагоджень» система Птолемея ставала ще більш надуманою і штучною.

Задовго до Птолемея грецький учений Арістарх твердив, що Земля рухається навколо Сонця. Навіть на час своєї появи вчення Птолемея було кроком назад порівняно з поглядами передових грецьких учених.

Пізніше, у середні віки, передові вчені не боялись висловлювати думки про будову світу, згідні з Арістархом, і відкидали хибне вчення Птолемея.

Незадовго до Коперніка великі італійські вчені Миколай Кузанський та Леонардо да Вінчі твердили, що Земля рухається, що вона зовсім не перебуває в центрі Всесвіту і не займає в ньому виключного положення.

Чому ж, незважаючи на це, система Птолемея продовжувала панувати і, спираючись на всесильну церковну владу, пригнічувала вільну думку, перешкоджала розвитку науки? Тому, що великі вчені, які відкидали вчення Птолемея і висловлювали правильні погляди на будову Всесвіту, не могли ще підкріпити їх беззаперечними доказами.

Це зміг зробити тільки великий польський учений Миколай Копернік. Після тридцяти років надзвичайно упертої праці, довгих спостережень неба і складних математичних розрахунків він переконливо показав, що Земля — тільки одна з планет, що всі планети обертаються навколо Сонця.

Своєю безсмертною книгою він ніби кинув виклик церковним авторитетам, викриваючи їх цілковите неуцтво в питанні про будову Всесвіту.

Коперник не дожив до того часу, коли його книжка поширилась по всьому світі, відкриваючи людям правду про Всесвіт. Він був при смерті, коли друзі принесли і вклали в його холонучі руки перший екземпляр книги, надрукованої в Нюрнбергу, далекому місті на чужині (тоді друкарство тільки входило в ужиток, і лише в небагатьох містах Західної Європи вже існували друкарні).

Коперник народився в 1473 р. у польському місті Торуні. Він жив у важкий час, коли Польща та її великий сусід — Руська держава продовжували вікову боротьбу з загарбниками — тевтонськими рицарями та татаро-монголами, які здавна намагалися поневолити слов'янські народи.

Коперник рано втратив батьків. Його виховав дядько по матері Лукаш Ватцельроде — видатний діяч того часу, який все життя боровся за єднання братерських слов'янських народів проти їх спільних іноземних ворогів.

Жадоба до знань заволоділа Коперніком з дитинства. Спочатку він учився в себе на батьківщині в Польщі. Потім продовжував освіту в італійських університетах. Звичайно, астрономію там викладали за Птолемеєм, але Коперник пильно вивчав і всі уцілілі праці великих математиків і астрономів стародавніх часів. У нього вже тоді виникли думки про правоту геніальних догадок Арістарха, про хибність системи Птолемея. Але не тільки астрономією займався Коперник. Він вивчав філософію, право, медицину і повернувся на батьківщину всебічно освіченою для свого часу людиною.

Коперник оселився у Вармії — спочатку в м. Лідцбарку, потім у Фромборку. Його діяльність була надзвичайно різноманітна: він лікував хворих і, крім того, брав якнайактив-

нішу участь в управлінні областю, відаючи її фінансовими, господарськими й іншими справами. Водночас Коперник безустанно роздумував над справжньою будовою сонячної системи і в його голові вже зріло велике відкриття. Такий був цей славнозвісний син польського народу, який став основоположником сучасної астрономії.

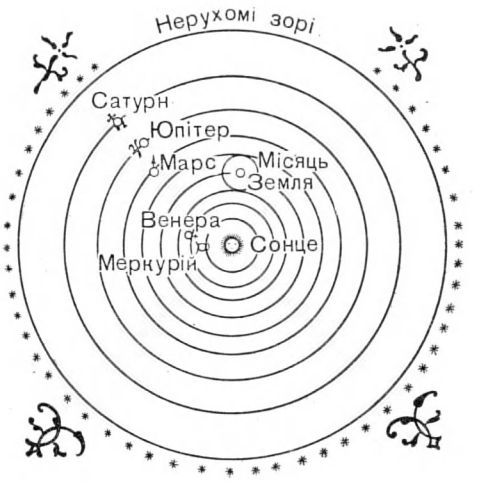
Що ж є в книжці Коперника і чому вона завдала такого нищівного удару по системі Птолемея, яка з усіма своїми хибами і «латками» держалась чотирнадцять століть під захистом всесильної в ту епоху церковної влади? У цій книжці Коперник твердив, що Земля і планети — супутники Сонця. Він довів, що саме рухом Землі навколо Сонця та її добовим обертанням навколо своєї осі пояснюється видимий рух Сонця, дивна заплутаність у русі планет і видиме обертання небесного зводу.

Обсерваторія в Західній Європі в епоху Коперника.
(Із старовинної гравюри).

Геніально просто Коперник пояснював, що ми сприймаємо рух далеких небесних тіл так само, як і переміщення різних предметів на Землі, коли самі перебуваємо в русі.

Ми просуваємось у човні по спокійній течії річки, і нам здається, що човен і ми в ньому нерухомі, а береги «пливуть» у зворотному напрямі. На велосипеді ми обігнали пішохідця, а нам здається, що пішоходець рухається в зворотному напрямі. Так само нам тільки здається, що Сонце рухається навколо Землі, а насправді Земля з усім, що на ній є, рухається навколо Сонця і протягом року робить повний оборот по своїй орбіті.

І так само, коли Земля в своєму русі навколо Сонця обганяє іншу планету, нам здається, що планета рухається назад, описуючи петлю на небі. Насправді планети рухаються навколо Сонця по орбітах правильної форми, не роблячи ніяких петель. Коперник, як і старогрецькі вчені, помилково вважав, що орбіти, по яких рухаються планети, колові.



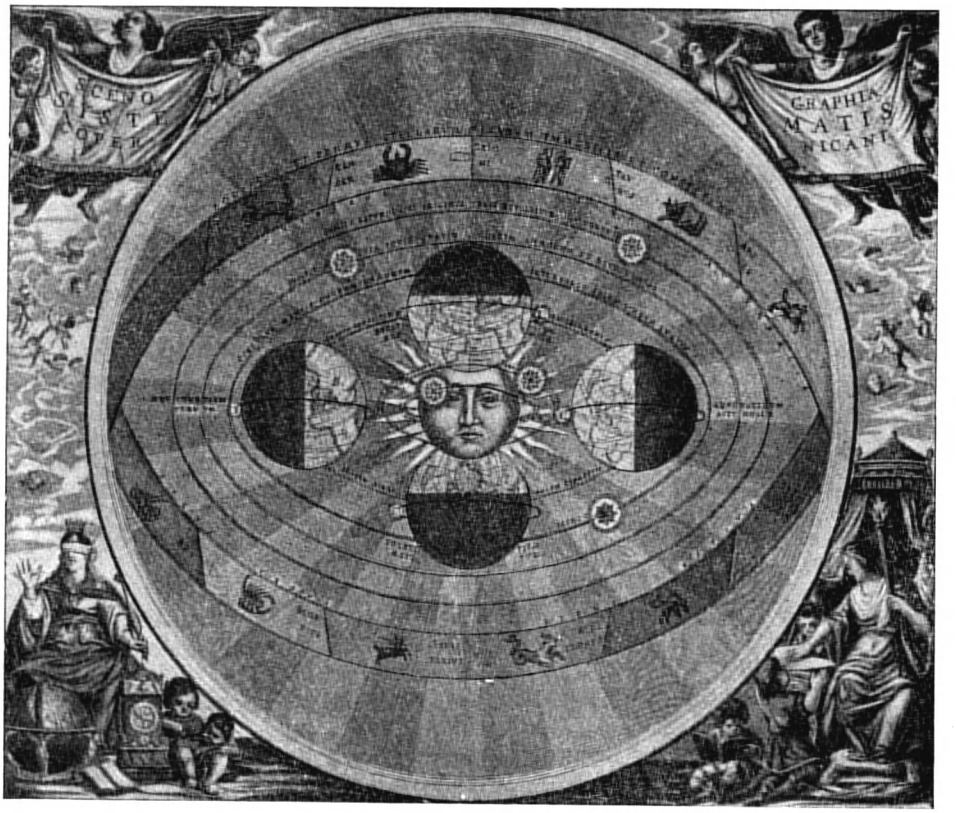
Система світу за Коперніком.
(Рисунок з твору Коперніка).

Через три чверті століття великий німецький астроном Йоганн Кеплер, продовжувач справи геніального Коперніка, довів, що орбіти всіх відомих планет є витягнуті кола — еліпси.

Зорі Коперник вважав нерухомими. Прихильники Птолемея, наполягаючи на нерухомості Землі, твердили, що якби Земля рухалась у просторі, то при спостереженні неба в різний час нам повинно було б здаватись, що зорі зміщаються, змінюють своє положення на небі. Таких «зміщень» зір за багато століть не помітив жоден астроном. Саме в цьому прихильники вчення Птолемея хотіли бачити доказ нерухомості Землі.

Проте Коперник твердив, що зорі перебувають від нас на неймовірно великих віддалях. Тому незначні «зміщення» їх не могли бути помічені. Справді, навіть до найближчих зір, як виявилось, від нас так далеко, що ще через три століття після Коперніка вони не піддавались точному визначенню. Тільки в 1837 р. знаменитий російський астроном Василь Якович Струве поклав початок точному визначенню віддалі до зір (див. стор. 474).

Зрозуміло, яке потрясаюче враження повинна була



Старовинне зображення системи світу за Коперніком.

міли, якого удару по релігії завдає наукова праця Коперніка, в якій він звів Землю на становище однієї з планет. Деякий час книжка вільно поширювалась серед учених. Але минуло небагато років, і революційне значення великої книжки проявилося в повній мірі. Висунулись інші великі вчені — продовжувачі справи геніального Коперніка. Вони розвинули і поширили ідею безконечності Всесвіту, в якому Земля — ніби піщинка, а світів силасиленна. З цього часу церква починає жорстоке переслідування прихильників учення Коперніка.

Нове вчення про сонячну систему (геліоцентричне, як його називають) закріпилось у запеклій боротьбі проти найлютішого ворога науки — релігії. Учення Коперніка підривало самі основи релігійного світогляду і відкривало широкий шлях до наукового пізнання явищ природи.

з часом справити книжка, в якій учений пояснював світ, незважаючи на релігію і навіть відкидаючи всякий авторитет церкви в справах науки. Діячі церкви не зразу зрозу-

ДЖОРДАНО БРУНО

Тернистим, героїчним шляхом ішла передова наука до своїх завоювань. Історія науки знає багато вчених-героїв, які не щадили ні сил, ні самого життя в боротьбі за торжество науки проти релігійних забобонів та неуцтва.

Наприкінці XVI і на початку XVII ст. всесильна тоді церква нещадно переслідувала передових учених — послідовників Коперніка, які пропагували і розвивали його вчення.

Коперник довів, що не Земля, а Сонце є центральним тілом, навколо якого обертаються планети, у тому числі і Земля. Завалилась стара будівля Птолемеєвої астрономії, яка вважала Землю нерухомим центром Всесвіту, а разом з тим у корені підривався авторитет церкви. Усю свою лють діячі церкви, особливо католицької, на чолі з папою римським, спрямували проти вчених, які не боялися відкрито обстоювати правоту Коперніка і облудність церковних вимислів.

17 лютого (ст. ст.) 1600 р. на одній з площ у Римі живцем спалили на вогнищі великого італійського вченого і філософа Джордано

Бруно. Який же злочин учинив Бруно, якого «свята церква» послала на найлютішу смерть, яку тільки можна було придумати?

Бруно обвинуватили у тому, що він відступив від учення католицької церкви і був палким, переконаним прихильником вчення Коперніка, а в своїх поглядах на будову Всесвіту ішов ще далі, ніж Копернік.

У ті роки, коли жив і працював Бруно, учення Коперніка мало вже багато прихильників. Передові люди різних країн Європи поділяли це вчення. Але для церкви і всіх, хто продовжував чіплятись за її захитаний авторитет, Бруно був найбільш небезпечним, найбільш ненависним ворогом.

Джордано Бруно виступає на захист вчення Коперніка в Оксфордському університеті.
(Барельєф на пам'ятнику Бруно в Римі).

Велика сила Бруно полягала в тому, що він був не тільки одним з найосвіченіших людей свого часу, але й поетом, філософом, визначним письменником і оратором. Слово Бруно до глибини душі зворушувало всіх, хто слухав його лекції і читав його твори. Він натхненно говорив і писав про безконечність Всесвіту з його численними світами, про величезні сонця, якими є зорі, що здаються нам через свою віддаленість тільки світними точками, про планети, подібні до Землі, які обертаються навколо зір, про живі істоти, що живуть на цих планетах. І якими убогими, жалюгідними порівняно з величною картиною світобудови, яку переконливо змальовував Бруно, здавались його слухачам і читачам релігійні вигадки про Землю як про єдину оселю живих істот, про Сонце і планети як про супутники Землі, про людину, якій ніби належиться не пізнавати природу, а тільки вірити в божественні сили!

Усе своє недовге, але яскраве життя Бруно присвятив боротьбі за торжество науки.

Бруно народився в 1548 р. на півдні Італії, поблизу Неаполя, у релігійній сім'ї. Ще юнаком його віддали в монастир, де він мав стати вірним слугою церкви. Але палка, волелюбна вдача Бруно не мирилася з монастирськими порядками. Жадоба до знань, непереборне бажання здобувати їх і передавати людям були в ньому щонайсильніші.

Потай від свого монастирського начальства він ознайомився з ученням Коперніка і став його палким прихильником. Дуже скоро служителі церкви зненавиділи Бруно за його любов до науки. Вже в цей час йому загрожувала розправа з боку церковних властей.

Бруно пішов з монастиря і мусив покинути батьківщину. Багато років поневірявся він на чужині. Але ніде йому не давали спокійно жити і працювати. Переслідування церкви примушували його переїжджати з країни до країни. Він жив у Швейцарії, у Франції, в Англії і в Німеччині. Скрізь він розвивав кипучу діяльність: читав лекції, видавав свої книжки, громив на прилюдних диспутах прихильників Птолемея. І допитливі люди жадібно ловили натхненне слово Бруно, переймаючись нездоланним переконанням у всемогутності науки.

Бруно вчив, що Всесвіт безконечний, а значить, у нього й не може бути ніякого «центра». Наше величезне палаюче Сонце — тільки одна із зір. Кожна зоря — таке саме Сонце, тільки дуже далеке від нас.

Бруно говорив, що помилково було б припускати, ніби тільки на Землі можливе життя. Життя може бути і на інших планетах сонячної системи, і на невидимих для нас через далекі віддалі планетах, що обертаються навколо зір. Бруно твердив також, що не тільки Земля, а й

Джордано Бруно у в'язниці.
(Гравюра Є. О. Бургункера).

Сонце та зорі обертаються навколо своїх осей, що в сонячній системі, крім відомих вже планет, є й інші, які з часом будуть відкриті.

Не всі свої думки і догадки Бруно міг довести спостереженнями, бо не можна було в той час побачити на небі те, що недоступне неозброєному оку. Але Бруно не помилявся, і всі його думки згодом підтвердила передова наука за допомогою потужних телескопів, спектрального аналізу та фотографій.

Тепер ми добре знаємо, що Сонце — одна із зір, і до того ж досить скромна щодо розмірів, що Сонце і зорі справді обертаються навколо своїх осей.

Значно пізніше після Бруно відкрили Уран, Нептун, Плутон і безліч дрібних планет (астероїдів), які також обертаються навколо Сонця. А останнім часом з'ясувалось, що навколо деяких зір обертаються якісь темні тіла — очевидно, планети, подібні до планет нашої сонячної системи. На цілі століття випереджаючи свій час, Бруно передбачив великі завоювання сучасної передової науки.

Легко уявити собі, яким небезпечним і ненависним ворогом був Бруно для церкви взагалі, а особливо для римської церкви, від розправи якої йому спершу вдалося врятуватись.

Вдавшись до обману і зрадництва, церква зрештою схопила Бруно. Це було в 1592 р. Більш як сім років провів Бруно в тюремних катівнях. Вороги хотіли будь-що примусити його зректися своїх поглядів і переконань.

Але Бруно не здався. Зректися своїх поглядів не змогли його примусити ні тортури, ні слащаві умовляння «святих отців», які нібито дбали про «спасіння гріховної душі» Бруно. Великий мислитель був непохитним борцем за свою справу. І коли йому ухвалили вирок — спалити на вогнищі, він безстрашно кинув ворогам горді слова, які збереглися в віках: «Спалити не значить спростувати». І, звичайно, ніяке вогнище, ніяка шалена злоба недолюдків — ніщо не могло спростувати безсмертних ідей Бруно. І вже найближчі роки після загибелі Бруно принесли такі відкриття в науці, які стали прямим підтвердженням учення Коперніка і геніальних догадок Бруно.

ГАЛІЛЕО ГАЛІЛЕЙ

Минуло близько десяти років після героїчної смерті Бруно, і в 1610 р. по всьому світі пройшла чутка про надзвичайні астрономічні відкриття італійського вченого Галілео Галілея.

Ім'я Галілея і до цього було відоме вченим. Галілей уславився своїми відкриттями у фізиці та механіці, але він з юних років цікавився також астрономією і був переконаним прихильником учення Коперніка.

Галілей вважав, що спостереження і дослід— найвірніший засіб пізнання природи. Тому в астрономії він надавав особливого значення спостереженням неба.

Коперник, Бруно та їх сучасники могли побачити на небі тільки те, що доступне неозброєному оку. Галілей був першим ученим, який почав спостерігати небо у збудовані ним підзорні труби.

Якими малюсінькими були ці труби Галілея порівняно з сучасними потужними телескопами, які збільшують зображення в тисячі разів! Перша труба, з якою Галілей розпочав свої спостереження, збільшувала тільки в три рази. Пізніше йому вдалося збудувати трубу із збільшенням в тридцять два рази. Але якими хвилюючими — вони буквально потрясали сучасників — були відкриття Галілея, здійснені за допомогою цих саморобних інструментів!

Кожне з цих відкриттів було наочним підтвердженням учення геніального Миколая Коперніка.

Спостерігаючи Місяць, Галілей упевнився, що на ньому є гори, рівнини і глибокі западини. А це означало, що місяцева поверхня за своєю будовою схожа на земну.

Галілей відкрив чотири супутники Юпітера, які обертаються навколо цієї планети. Це відкриття незаперечно довело, що не тільки Земля може бути центром обертання небесних світил.

Спостерігаючи сонячні плями, Галілей виявив, що вони переміщаються по сонячній поверхні, і зробив висновок, що Сонце обертається навколо своєї осі. Після цього легко було припустити, що обертання навколо осі властиве всім небесним тілам, а не тільки Землі.

Але це було ще не все.

Спостерігаючи зоряне небо, Галілей упевнився, що зір далеко більше, ніж можна бачити неозброєним оком.

Величезна біла смуга на небі — Молочний Шлях,— коли її розглядати в підзорну трубу, виразно поділяється на окремі зорі.

Так підтверджувалася смілива думка Бруно про те, що зір-сонць — сила-силенна, а значить, простори Всесвіту безмежні і невичерпні.

Ці відкриття Галілея викликали захоплене здивування сучасників. Услід за Галілеєм астрономи в різних країнах почали спостерігати небо в астрономічні труби і цілком підтвердили відкриття Галілея. Таким чином, для всіх передових людей ставало ясно, що

Галілео Галілей.
(Гравюра Л. Г. Ройтера).

праві Коперник і Бруно, що думка про якусь виключну роль Землі у Всесвіті не витримує ніякої критики.

Легко зрозуміти, яку шалену злобу «отців церкви» мали викликати відкриття Галілея, які завдавали ще більш нищівного удару по релігійних вигадках, ніж свого часу натхненні ідеї Бруно.

Передова наука, яка підтвердила правоту Коперніка, була страшна для церкви. Із злобою накинулися римські церковники на всіх послідовників Коперніка, і в першу чергу на Галілея. Спеціальним указом римського папи книгу Коперніка було вилучено, а пропаганду його вчення заборонено. Але Галілей не тільки не підкорився цій забороні, а, навпаки, продовжував розробляти вчення Коперніка.

Багато років Галілей працював над великою роботою «Діалог про дві найголовніші системи світу, Птолемеєву і Копернікову». У цій книжці, яку з величезними труднощами

йому вдалося видати в 1632 р., він, узагальнюючи свої відкриття, переконливо показував безумовну правильність учення Коперніка і цілковиту неспроможність системи Птолемея. Виданням цієї книжки Галілей ніби заявляв усьому світові, що йому не страшні загрози церкви, що він сповнений рішучості до кінця боротись за торжество науки проти марновірства та забобонів.

У відповідь на появу цієї книжки римська церква віддала Галілея на суд інквізиції. У розправі над великим ученим «святі отці» церкви бачили єдиний шлях врятувати свій авторитет, що руйнувався успіхами науки.

Важко уявити собі будь-що ганебніше, ніж судилище, перед яким довелося стати Галілею. Його силою примусили зректися вчення, що Земля обертається.

Засудивши Галілея, інквізиція зробила все, щоб отруїти і останні роки його життя. Він жив під домашнім арештом і незабаром осліп, втративши можливість працювати далі для науки.

У 1642 р. Галілей помер. Видатний фізик, механік, продовжувач справи Коперніка, мужній борець за науку проти релігійних забобонів і неуцтва — такий був цей великий учений.

ЙОГАНН КЕПЛЕР

Незабаром після смерті Коперніка на основі його системи світу астрономи склали таблиці рухів планет. Ці таблиці краще відповідали спостереженням, ніж попередні таблиці, які складалися ще за Птолемеєм. Але через деякий час астрономи виявили розходження і цих таблиць з даними спостережень руху небесних тіл.

Для передових учених було ясно, що вчення Коперніка правильне, але треба було глибше дослідити і з'ясувати закони руху планет. Це завдання розв'язав великий німецький учений Йоганн Кеплер.

Кеплер народився в 1571 р. у Південній Німеччині. У ті часи Німеччина складалася з дрібних держав; міжусобні і релігійні війни розоряли населення і перешкоджали розвитку культури та освіти.

Кеплер народився в бідній сім'ї і через те йому з великими труднощами вдалося закінчити школу і вступити до університету в м. Тюбінгені. Тут він з захопленням вивчав математику і астрономію. Його вчитель проф. Местлін в глибині душі був послідовником Коперніка. Звичайно, в університеті Местлін викладав астрономію за Птолемеєм, але вдома він знайомив свого учня з основами нового вчення. І незабаром Кеплер став палким і переконаним прихильником теорії Коперніка.

На відміну від Местліна, Кеплер не приховував своїх поглядів та переконань. Відкрито пропагуючи вчення Коперніка, він дуже скоро викликав проти себе ненависть місцевих богословів. Це позначилось на долі Кеплера: закінчивши університет, він мусив поневірятись по різних містах, живучи з випадкових заробітків.

Можливість цілком віддатись любимій астрономії відкрилась для Кеплера тільки в 1600 р., коли знаменитий датський астроном-спостерігач Тіхо Браге, приїхавши до Праги, запропонував йому роботу — бути за помічника для спостережень неба і астрономічних обчислень.

Незадовго до цього Тіхо Браге мусив покинути свою батьківщину Данію і збудовану ним обсерваторію, де він чверть століття провадив астрономічні спостереження. Ця обсерваторія була оснащена кращими вимірювальними інструментами, а сам Тіхо Браге був дуже вмілим спостерігачем.

Коли датський король не дав Тіхо Браге коштів на утримання обсерваторії, він поїхав до Праги. Тіхо Браге з великим інтересом ставився до вчення Коперніка, але прихильником його не був. Він висував своє пояснення будови світу: планети він визнавав супутниками Сонця, а Сонце, Місяць і зорі вважав тілами, що обертаються навколо Землі, за якою, таким чином, зберігалось положення центра всього Всесвіту.

Тіхо Браге працював разом з Кеплером недовго: в 1601 р. він помер. Після його смерті Кеплер почав вивчати залишені матеріали з даними довгорічних астрономічних спостережень. Працюючи над ними, особливо над мате-

ріалами про рух Марса, Кеплер зробив важливе відкриття: він вивів закони руху планет, що стали основою теоретичної астрономії.

Філософи Стародавньої Греції вважали, що коло — це найдосконаліша геометрична форма. А коли так, то й планети повинні обертатися тільки по правильних колах. Кеплер дійшов висновку, що думка про колову форму планетних орбіт, яка виникла ще за стародавніх часів, неправильна. Обчисленнями він довів, що планети рухаються не по колах, а по еліпсах — замкнутих кривих, форма яких дещо відмінна від кола. Перший закон Кеплера — еліптичний рух планет. Сонце перебуває не в центрі еліпса, а в особливій точці, яка називається фокусом. З цього випливає, що відстань планети від Сонця не завжди однакова. Кеплер знайшов, що швидкість, з якою рухається планета навколо Сонця, також не завжди однакова: підходячи ближче до Сонця, планета рухається швидше, а відходячи далі від нього — повільніше. Ця особливість у русі планет становить другий закон Кеплера.

Вже Коперник з достатньою для його часу точністю визначив віддалі планет від Сонця. Періоди обертання планет були вже також відомі. Кеплер установив строгу залежність між часом обертання планет та їх віддаллю від Сонця. Виявилось, що квадрати періодів обертання будь-яких двох планет відносяться між собою, як куби їх середніх віддалей від Сонця. Це — третій закон Кеплера.

Читач легко може перевірити правильність цього закону. Наприклад, середня віддаль Юпітера від Сонця в 5,2 раза (округлено) перевищує середню віддаль Землі від Сонця. Тривалість обертання Юпітера дорівнює 11,9 земного року. Легко упевнитись, що куб першого числа і квадрат другого майже рівні: $(5,2)^3 = 140,6$; $(11,9)^2 = 141,6$. Невелика різниця між ними пояснюється округленнями обох величин до десятих часток. Хоч би які дві планети взяли ми, результати будуть такі самі.

Відкриттю законів обертання планет Кеплер віддав багато років упертої, напруженої роботи. Він працював, живучи весь час у злиднях, переслідуваний всесильними тоді церковними властями. Книжки Кеплера, які він з великими труднощами видавав, спалювали на вогнищах.

Кеплер не тільки досліджував обертання планет, він цікавився і іншими питаннями астрономії. Його увагу особливо привертали комети.

Йоганн Кеплер.
(Гравюра Є. О. Бургункера).

Помітивши, що хвости комет завжди звернені до Сонця, Кеплер висловив здогад, що хвости утворюються під дією сонячного проміння. У той час нічого ще не було відомо про будову сонячного проміння та будову планет. Тільки в другій половині XIX ст. і в XX ст. було встановлено, що утворення хвостів комет справді зв'язане з випромінюванням Сонця (див. стор. 395—397).

Кеплер помер у 1630 р. Йому належить величезна заслуга у розвитку наших знань про сонячну систему. Учені наступних поколінь, оцінивши значення праць Кеплера, назвали його «законодавцем неба», бо саме він з'ясував ті закони, за якими відбувається рух небесних тіл у сонячній системі.

ІСААК НЬЮТОН

Коперник довів, що планети — у тому числі й Земля — обертаються навколо Сонця; Кеплер відкрив закони, за якими обертаються планети; Галілей своїми спостереженнями підтвердив правильність учення Коперника. Але залишалось ще невідомим, яка причина примушує планети обертатися навколо Сонця, не падаючи на нього і не відлітаючи на сторону; яка сила примушує предмети, що відокремились від поверхні Землі (наприклад, кинутий камінь чи рушничну кулю), падати назад на Землю, а не залітати в простір.

Усе це стало відомо лише через півтора століття після виходу праць Коперніка, коли вже давно не було в живих ні Кеплера, ні Галілея.

Наприкінці XVII ст. геніальний англійський учений Ісаак Ньютон відкрив і обгрунтував закон всесвітнього тяжіння, який пояснював усі ці явища. Розвиваючись у ряді країн, особливо в Голландії і Англії, капіталізм ставив дедалі більші вимоги до техніки і точних наук. Систему Коперніка визнало багато передових учених. І церква, хоч як вороже ставилась вона до передової науки, мусила ослабити боротьбу проти неї. Через те Ньютону не довелося поділити трагічної долі Бруно, Галілея і Кеплера.

Ньютон народився в 1643 р. в одному з провінціальних англійських міст — Вулсторпі. У дитинстві його не тягло до науки, але в юнацтві у нього виявилися надзвичайні математичні здібності. У 1661—1665 рр. Ньютон учився в Кембріджському університеті — одному з найкращих університетів Англії. У 1669 р. він був уже професором математики цього університету. У 1696 р. переїхав до Лондона, де жив до самої смерті. Помер Ньютон у 1727 р. на 85-му році життя, бувши всесвітньо відомим ученим.

Ньютон збагатив своїми відкриттями всі основні галузі точних наук — математику і механіку, фізику і астрономію. І раніше астрономія не могла розвиватись без допомоги математики, але тепер розвиток астрономії поряд з розвитком фізики і техніки ставив підвищені вимоги до математики.

Ісаак Ньютон.
(Репродукція з картини І. М. Гурвіча).

Ньютон майже одночасно з німецьким ученим Лейбніцом створив надзвичайно важливі розділи вищої математики — диференціальне та інтегральне числення.

Він вніс надзвичайно важливий вклад у фізику: відкрив складний склад білого кольору. Виявилось, що білий сонячний промінь є «суміш» багатьох кольорів. Ньютон довів, що за допомогою призми білий колір можна розкласти на складові кольори або знов зібрати їх у білий колір. Це відкриття згодом лягло в основу спектрального аналізу, який з другої половини XIX ст. зробив неоціненні послуги астрономії: за його допомогою тепер можна було встановити хімічний склад і фізичну природу далеких небесних тіл.

Ньютон збудував відбивальний телескоп, або рефлектор, в якому, на відміну від труби Галілея, промені світла від спостережуваного предмета збираються за допомогою дзеркала, а не лінзи. Взагалі Ньютон дуже багато зробив для розвитку оптики — надзвичайно важливого розділу фізики, що вивчає світлові явища.

Але найважливішим з усіх відкриттів Ньютона було відкриття закону всесвітнього тяжіння, що керує рухом небесних тіл.

Ньютон уперто розмірковував над питаннями: чому Місяць, обертаючись по своїй орбіті навколо Землі, не падає на неї і не залітає кудись набік? Чому в той же час «земні предмети», відокремившись від Землі, неминуче знов на неї падають?

Ньютон прийшов до висновку, що між усіма тілами існує взаємне притягання (яке він назвав «тяжінням»), що сила цього притягання залежить від мас тіл, що притягуються, і віддалі між ними. Ця залежність визначається так: сила притягання (тяжіння) прямо пропорціональна масам тіл, що притягуються, і обернено пропорціональна квадрату віддалі між ними.

Тоді одразу стало зрозуміло, що Місяць на його орбіті вдержує сила земного притягання, а планети, у тому числі і Землю, на їх орбітах вдержує сила сонячного притягання. І завжди тяжіння діє саме так, як довів Ньютон: залежно від мас тіл і віддалі між ними.

У часи Ньютона ще не було можливості перевірити, чи діє цей закон далеко за межами сонячної системи, у світі зір. Значно пізніше, коли було відкрито подвійні зорі — зоряні «пари», в яких одна є «головною» зорею, а друга її «супутником», вдалось установити, що й тут, у зоряному світі, також діє закон Ньютона. З'ясувалось, що закон тяжіння діє не тільки в сонячній системі, а й в найвіддаленіших глибинах Всесвіту. Ось чому його і назвали законом всесвітнього тяжіння (стор. 349).

Відкриття закону всесвітнього тяжіння дало можливість розв'язати такі завдання, які раніше вважалися нерозв'язними. За допомогою обчислень, що грунтуються на застосуванні закону тяжіння, учені визначили маси Сонця, Місяця, Землі, планет сонячної системи та їх супутників. Було доведено, що Земля не є правильною кулею, а має «полярний стиск», тобто сплюснута біля полюсів, що й було підтверджено вимірюваннями Землі.

Після великого відкриття Коперніка і праць Галілея та Кеплера відкриття закону всесвітнього тяжіння, зроблене Ньютоном, було новою великою перемогою науки.

ЗАКОН ВСЕСВІТНЬОГО ТЯЖІННЯ

Йоганн Кеплер дав загальну картину руху планет і дослідив форму їх орбіт, але з'ясувати причину руху планет йому не вдалось.

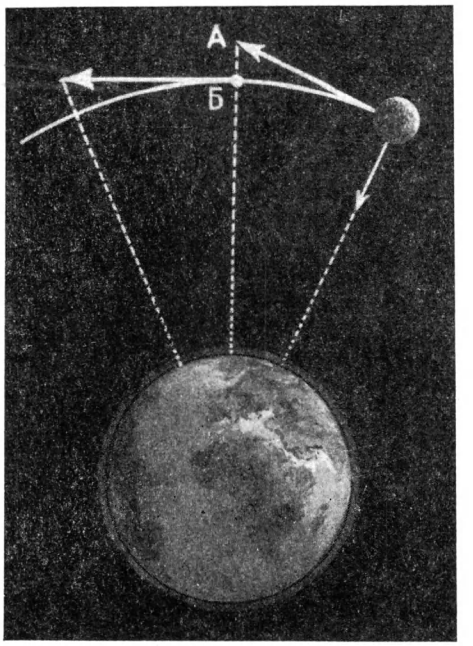
Кеплер порівнював Сонце з гігантським магнітом і схилявся до думки, що планети рухаються по своїх орбітах під впливом магнітної дії Сонця. З цього приводу різні припущення висловлювали й інші вчені. Правильне пояснення цього руху дав геніальний англійський математик, фізик, астроном і механік Ісаак Ньютон. Ознайомимося докладніше з великим відкриттям Ньютона.

Для з'ясування причин руху планет Ньютон використав закон інерції і закони Кеплера. За законом інерції, кожне тіло зберігає стан спокою або рівномірного прямолінійного руху, поки будь-яка сила не виведе його з цього стану. Ньютон знайшов, що сила тяжіння обернено пропорціональна квадрату віддалі. Це значить, що коли б, наприклад, віддаль між Землею і Місяцем збільшилась в два рази, то сила тяжіння між ними зменшилася б у два в квадраті рази ($2^2 = 2 \times 2$), тобто у чотири рази; із збільшенням віддалі в три рази сила тяжіння зменшилася б у три в квадраті рази ($3^2 = 3 \times 3$), тобто в дев'ять раз, і т. д.

Це Ньютон довів не тільки теоретично, а й за допомогою порівнянь з результатами досліду. Відомо, що вільно падаюче тіло (наприклад, тіло, що падає в довгій скляній трубці, з якої викачано повітря) біля самої земної поверхні за першу секунду проходить 4,9 *м*. Місяць, як було вже відомо Ньютону,

перебуває від центра земної кулі на віддалі 60 земних радіусів, тобто в 60 раз далі, ніж тіло, яке перебуває на земній поверхні. Через те, вільно падаючи в напрямі до Землі, він має проходити за першу секунду не 4,9 *м*, а в шістдесят у квадраті раз ($60^2 = 3600$) меншу віддаль, тобто 1,36 *мм*. Отже, Місяць, за теорією Ньютона, мав би падати в напрямі до Землі, проходячи за першу секунду шлях, що дорівнює приблизно 1,36 *мм*.

Таким чином, Ньютон знайшов, що сила земного притягання справді зміщає Місяць з його прямолінійного шляху (шляху руху з інерції) за кожну секунду на 1,36 *мм*. Він знайшов, що ці два рухи (один під дією сили тяжіння до Землі, другий — з інерції) складаються і в результаті дають криволінійний рух Місяця навколо Землі.



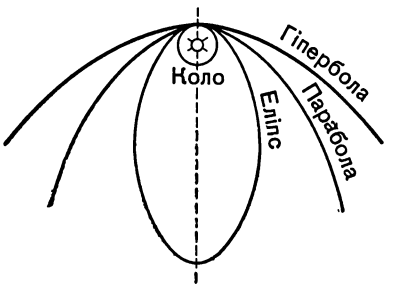
Якби Земля не притягувала Місяць, останній полетів би у світовий простір у напрямі до точки А. Але внаслідок притягання Землі Місяць відхиляється від прямолінійного шляху, весь час «падаючи» на Землю. Місяць рухається по деякій дузі в напрямі до точки Б.

Виявилось, що закон тяжіння визначає не тільки рух Місяця, а й рух усіх небесних тіл у сонячній системі.

Це дослідження проходило у Ньютона не зовсім гладко. Оскільки планети є велетенські кулясті тіла, то дуже важко було визначити, як вони притягуються між собою. Кінець кінцем Ньютону вдалося довести, що кулясті тіла взаємно притягуються так, як коли б уся їх маса була зосереджена в їх центрах.

Крім того, для знаходження співвідношення віддалей від центра земної кулі до тіл, що перебувають на земній поверхні, і до Місяця треба було точно знати довжину радіуса Землі. Але розміри Землі тоді ще не були точно визначені.

Для своїх обчислень Ньютон скористувався неточною, як потім з'ясувалось, величиною радіуса земної кулі, яку дав голландський учений Снелліус. Знайшовши неправильний результат, Ньютон з болем відклав цю роботу.



Комети рухаються по орбітах, що мають форму еліпсів, парабол і гіпербол.

Тільки через 18 років Ньютон знову повернувся до своїх обчислень. Приводом до цього було повідомлення в англійському Королівському товаристві[1] відомого французького астронома Пікара, який точніше визначив величину земного радіуса. Використавши дані Пікара, Ньютон з великим захопленням взявся за свої відкладені обчислення; він знову проробив усю роботу і довів правильність свого припущення.

Але й після цього Ньютон довго не опубліковував свого визначного відкриття. Він старався всебічно його перевірити, застосовуючи виведений ним закон до руху планет навколо Сонця і до руху супутників Юпітера і Сатурна. І всюди спостережні дані відповідали теорії. Ньютон застосував цей закон до руху комет і довів, що ці тіла рухаються або по дуже витягнутих розімкнутих кривих — еліпсах, або по параболах.

За цей самий час Ньютон написав великий твір з механіки. Грунтуючись на законі тяжіння, він порівняв маси Сонця, Землі та планет і доповнив цей закон новим положенням: сила тяжіння двох тіл залежить не тільки від віддалі між ними, а й від їх мас. Ньютон довів, що сила тяжіння двох тіл прямо пропорціональна їх масам, тобто вона тим більша, чим більші маси тіл, що взаємно притягуються. Закон тяжіння Ньютона знайшов застосування в усіх випадках руху небесних і земних тіл, і через те за ним закріпилась назва закону всесвітнього тяжіння.

Земні тіла також взаємно притягують одне одного. Це виявляється при дуже точних дослідах.

Притягуються між собою і люди. Відомо, що двоє людей,

[1] *Королівське товариство* — англійська Академія наук.

які стоять одне від одного на один метр, взаємно притягуються з силою, що дорівнює приблизно одній сороковій частці міліграма. Людина, що перебуває на поверхні Землі, притягує її з силою, що дорівнює її вазі.

Відкриття Ньютона привело до створення нової картини світу, згідно з якою в безконечному просторі з величезними швидкостями рухаються планети, що перебувають одна від одної на колосальних віддалях, але разом з тим внаслідок сили взаємного притягання вони зв'язані в одну систему.

Закон всесвітнього тяжіння — великий і вічний закон природи. В остаточному вигляді його можна сформулювати так: *кожне тіло притягує інше тіло з силою, прямо пропорціональною масам цих тіл і обернено пропорціональною квадрату віддалі між ними.*

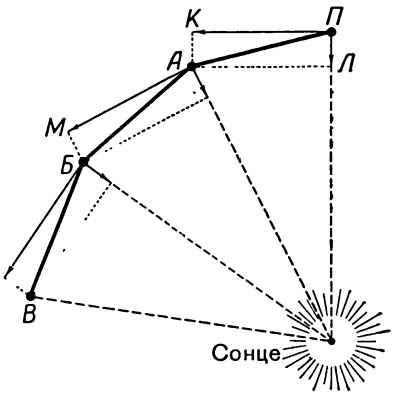


Схема руху планети під дією притягання Сонця:

П — планета; *ПК* — шлях планети, якби вона рухалась прямолінійно і рівномірно (за законом інерції); *ПЛ* — шлях планети, якби в неї не було власної швидкості і вона зазнавала б тільки притягання Сонця; *ПА* — шлях, по якому планета рухається в дійсності. Ламана лінія *ПАБВ* схематично показує шлях руху планети.

Математично закон всесвітнього тяжіння подається такою формулою:

$$F = f\,\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

де f — коефіцієнт пропорціональності; m_1 і m_2 — маси двох тіл; r — віддаль між ними.

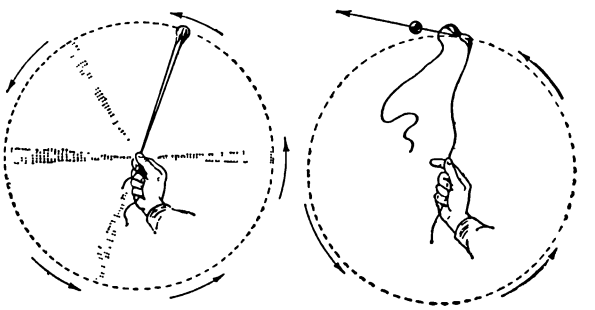
Сонце вдержує планети на їх орбітах своїм притяганням. Коли б цього не було, то планета *П* (див. рис. вгорі), рухаючись, наприклад, у напрямі *ПК*, пересувалася б прямолінійно і рівномірно (за законом інерції). За першу секунду вона перемістилася б з точки *П* у точку *К* і нарешті покинула б нашу сонячну систему. Навпаки, коли б планета не мала власної швидкості, а тільки притягувалася б до Сонця, то вона за першу секунду перемістилася б з точки *П* в точку *Л*. Але оскільки планета одночасно і притягується до Сонця і рухається, то вона переміщатиметься в напрямі *ПА*. Отже, планета наприкінці першої секунди не буде ні в точці *К*, ні в точці *Л*, а переміститься по діагоналі в точку *А*. Міркуючи так само, ми прийдемо до висновку, що планета за другу секунду переміститься в точку *Б*, за третю — в точку *В* і т. д.

Так от, виявляється, які сили вдержують планети, у тому числі й Землю, на своїх орбітах і примушують їх рухатись навколо Сонця.

Багатьом з вас, певно, доводилось, тримаючи в руці один кінець шнурка, примушувати обертатися камінець, прив'язаний до другого його кінця. Під час обертання шнурок весь час перебуває в стані натягу, але якщо він раптом вирветься з рук, то зараз же разом з камінцем полетить геть. Щось подібне сталося б і з планетами, у тому числі і з Землею, якби Сонце враз перестало їх притягувати. Але цього не може бути, бо притягання — невід'ємна властивість матерії, невід'ємна властивість Сонця, Землі і всіх інших тіл. Тому притягання Сонця не може бути припинене. Сила тяжіння Сонця діє безперервно, постійно, і, отже, планетам не можуть загрожувати такі катастрофи. Сонце своєю силою притягання весь час удержує планети в середньому на одній і тій самій віддалі, подібно до того як натяг шнурка вдержує камінець.

Відкриттям закону всесвітнього тяжіння було остаточно завершено перемогу нової астрономії і закладено початок нової галузі астрономії — **небесної механіки**, яка вивчає рух планет залежно не тільки від притягання Сонця, а також і від їх взаємного тяжіння одна до одної.

Свої основні висновки Ньютон виклав у великій праці, яка була опублікована в 1687 р. під назвою «Математичні начала натуральної філософії». Цю важливу працю Ньютона видали в нас російською мовою в 1915 р. у перекладі академіка О. М. Крилова.



Якщо обертати шнурок з тягарем на кінці, то він буде натягнутий. Але досить відпустити його, як тягар відлетить геть. Те саме сталося б і з Землею, якби сила тяжіння Сонця перестала діяти.

Закон всесвітнього тяжіння застосовний не тільки для вивчення руху планет, він також застосовний для дослідження руху комет, зір і інших небесних тіл. Так, наприклад, на основі цього закону відомий англійський учений Галлей ще наприкінці XVII ст. завбачив появу в 1759 р. комети, яка відтоді називається кометою Галлея.

Відмінність між теоретично обчисленим і безпосередньо спостережуваним положенням планети Уран давала привід висловлювати сумніви в універсальності закону всесвітнього тяжіння. Петербурзький астроном Лексель, навпаки, висловив думку, що це є наслідком притягання Урана якоюсь ще невідомою планетою. У 1842 р. Геттінгенська академія наук оголосила навіть премію за математичну розробку теорії руху Урана.

Розв'язати це завдання взялися французький астроном Урбен Левер'є (1811—1877) і англійський учений Дж. Адамс (1819—1892).

В результаті дуже складних обчислень обидва вони прийшли до висновку, що існує велика планета, яка перебуває від Сонця значно далі, ніж Уран, і вказали, де на небі в даний час шукати цю планету.

Адамс передав свої обчислення професорам, які не надали їм належного значення і залишили їх без уваги. А Левер'є одразу передав свої обчислення німецькому астроному Галле. У вересні 1846 р. Галле одержав листа від Левер'є і того ж вечора за допомогою телескопа відкрив планету Нептун за Ураном майже в тому місці, на яке вказували обчислення Левер'є.

Відкриття Нептуна є яскравим прикладом обгрунтованості наукових завбачень. І тут доречно згадати слова В. І. Леніна: «Чудесне пророцтво є казка. Але наукове пророцтво є факт».

У 1842 р. відомий німецький астроном Ф. Бессель (1784—1846), досліджуючи на підставі закону всесвітнього тяжіння неправильності в русі зорі Сіріус, прийшов до висновку, що у цієї зорі є невидимий супутник, який «примушує» її рухатися по деякій гвинтоподібній кривій. І справді, у 1862 р. за допомогою потужного телескопа відкрили супутник Сіріуса, і до того ж якраз у тому місці, на яке вказували обчислення Бесселя. Це був новий тріумф закону всесвітнього тяжіння. Було доведено його істинність не тільки для сонячної системи, а й для всіх зоряних систем.

ЯК ПРАЦЮЮТЬ АСТРОНОМИ

СПОСТЕРЕЖЕННЯ В ТЕЛЕСКОП

Темна ніч. Високо в небі сяють зорі, і при їх слабкому світлі ледве видно обриси круглого купола башти астрономічної обсерваторії. Час від часу купол повільно повертається, і ми бачимо в ньому темний проріз або люк, в якому на мить може блиснути скляне око телескопа.

Підніймемося в темряві по вузеньких сходах башти і ввійдемо під купол. Там на середині круглої площадки ми побачимо чавунну колону, на якій укріплено довгу трубу телескопа, що легко повертається на всі сторони. На передньому її кінці, зверненому до неба, укріплено велике двоякоопукле скло — лінзу, або о б'є к т и в, що збирає світло небесних тіл в окулярі, що міститься біля нижнього кінця телескопа. О к у л я р — це особливе збільшувальне скло, що являє собою систему лінз. В нього безпосередньо дивиться спостерігач. Об'єктивом світло збирається в одній точці, яка називається ф о к у с о м. Саме у фокусі і виходить зображення світила, яке ми розглядаємо.

Чим вище над Землею, тим повітря розрідженіше, чистіше і прозоріше і тим краще спостерігати небесні світила; через те обсерваторії звичайно будують за містом або на горах, щоб спостереженням не перешкоджали міське світло, дим і пил, що заповнюють нижні шари атмосфери.

Проте навіть над горами повітря часто буває недостатньо спокійним. Промені світла від небесних тіл проходять крізь повітряні струмочки і постійно відхиляються ними. Ось чому зірочка, яку видно в телескоп, іноді мерехтить, а маленькі зображення далеких планет, на яких так хочеться що-небудь розглянути, перетворюються в немов розмиті

світлові плями. Повітряні струмочки — вороги астронома. Вони різко обмежують збільшення, що його дає телескоп. Чим сильніше збільшує телескоп, тим помітніші в ньому хвилювання повітря. Через те планети розглядають із збільшенням не більш як у 500—600 раз, хоч сучасні великі телескопи могли б збільшувати в десятки тисяч раз.

Великі телескопи будують так, щоб при тому самому збільшенні вони збирали більше світла.

Прикладіть око до окуляра — астроном вам показує Місяць. Але чому ж видно тільки маленьку його ділянку, а не весь? Через те, що чим сильніше збільшення, тим менший «куточок» неба видно в телескоп.

Що це? Чомусь Місяць швидко зникає з поля зору — з того кутка неба, який видно в телескоп. Пояснюється це тим, що за час нашого спостереження земна куля, обертаючись навколо своєї осі, встигла трохи повернутись, а вам здається, що крутиться небо і Місяць сходить із свого місця. У телескопі завдяки збільшенню це обертання здається ще швидшим.

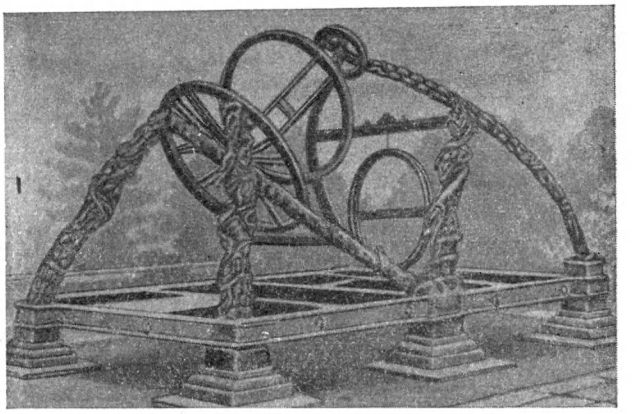
Та ось Місяць перестав зникати з поля зору — це астроном включив годинниковий механізм, який почав повертати телескоп з тією самою швидкістю, з якою обертається земна куля, тільки в напрямі, протилежному до напряму Землі.

З кожною годиною Місяць все ближче до горизонту, все вище піднімається нижній кінець спрямованого на нього телескопа. Ось вже не дотягтися до окуляра і навшпиньки. Доводиться користуватись спеціальною драбинкою. У великих обсерваторіях підлогу зроблено так, що вона за допомогою механічних пристроїв може плавно підніматись або опускатись. Для цього спостерігачеві досить натиснути кнопку. Так само за допомогою механізмів пересувається і купол башти. У маленьких баштах купол повертають рукою.

Не одразу, не за один день придумали всі ці пристрої, що полегшують роботу астрономів. Техніку сучасної обсерваторії створено працею багатьох поколінь.

У Китаї обсерваторії будували за багато віків до н. е. Правда, тоді не було ще телескопів, але вже користувались великими вимірювальними інструментами для визначення положення зір на небі.

На території нашої країни, біля Самарканда, збереглися рештки славнозвісної обсерваторії XV ст., яку збудував Улуг-бек. По них можна уявити собі, які завдання ставили самаркандські дослідники неба, як розвивались методи дослідження небесних світил. Самаркандські астрономи склали точні списки положення зір на небі.



Стародавній китайський вимірювальний інструмент для визначення положення зір на небі.

Багато праці поклали люди на те, щоб навчитись виливати великі і прозорі стекла потрібного сорту і надавати їм тієї точної форми, яка потрібна для забезпечення чітких зображень в астрономічних приладах.

Телескоп винайдено давно, ще в 1608 р., але й тепер ще не навчились виготовляти телескоп з переднім склом — об'єктивом — понад один метр в поперечнику. У р е ф р а к т о р — телескоп з об'єктивом — через особливу властивість скла світила видно в оточенні слабкої кольорової кайми. Ця кайма дуже заважає спостереженням. Щоб уникнути цього, придумали інший вид телескопа — р е ф л е к т о р, в якому світло збирає не опукле скло, а угнуте дзеркало. Рефлектор винайшов геніальний англійський учений І. Ньютон (див. стор. 348). У рефлекторі дзеркало влаштовують у нижньому кінці телескопа. Дзеркало відбиває промені і збирає їх біля верхнього кінця труби, де й провадяться спостереження. Звичайно за допомогою додаткового маленького дзеркала ці збіжні промені відбивають вбік або навіть назад. В останньому випадку промені виходять з труби крізь отвір у великому дзеркалі. При такій будові спостерігач знаходиться ближче до підлоги і не загороджує своєю головою світло, що йде в телескоп. Недоліком рефлектора є те, що в нього видно лише невелику ділянку неба. Найбільший телескоп такого роду, установлений в Каліфорнії, має 5 *м* у поперечнику. З його допомогою можна фотографувати зорі до 23-ї зоряної величини.

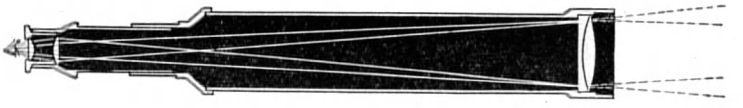
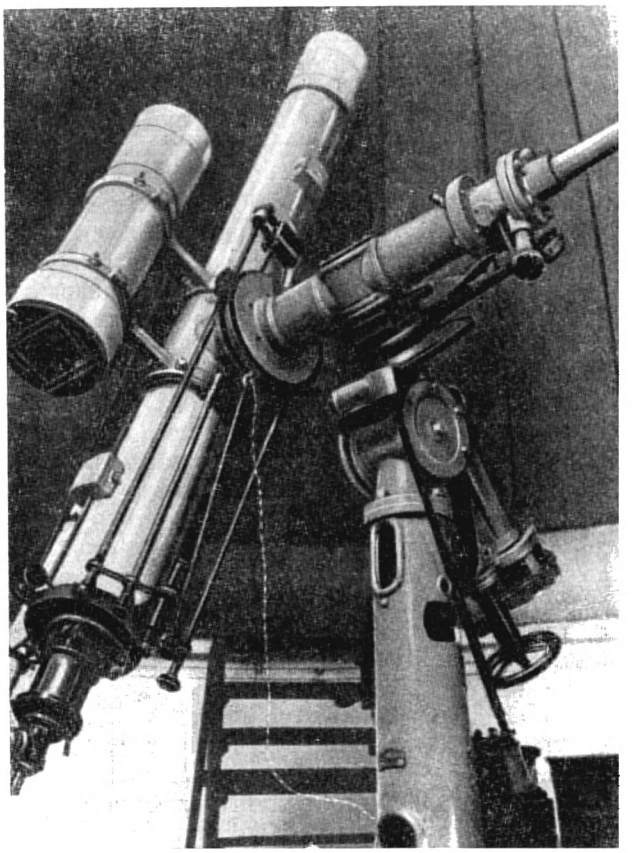


Схема телескопа-рефрактора. Справа — лінза об'єктива, що збирає проміння. Зліва — система лінз, що заломлює промені.

У роки Великої Вітчизняної війни радянський винахідник Д. Д. Максутов розв'язав завдання, над яким довго думали винахідники багатьох країн: він сконструював телескоп, який поєднує в собі позитивні сторони рефрактора та рефлектора і водночас не має їх недоліків. Максутов узяв угнуте дзеркало і перед ним, на верхньому кінці труби, поставив опукло-угнуте тонке скло, що називається меніском (часто стекла для окулярів роблять у формі таких менісків).

Кожний телескоп потребує особливої форми дзеркал і стекол, але для меніскового телескопа те й друге можна виготовити дуже просто.



Телескоп-рефрактор.

За системою Максутова на радянських заводах виготовлено шкільні телескопи, що розміром трохи перевищують бінокль, але дають таке саме збільшення, як рефрактор завдовжки майже метр. Вони збільшують предмет, який ми спостерігаємо, у 50 раз, тоді як біноклі мають звичайно збільшення від 2 до 8 раз.

Багато різних нових астрономічних приладів придумали і збудували як у нас, так і за рубежем. Тепер виготовляють, наприклад, для відбивання сонячних променів особливі прості дзеркала, які автоматично повертаються услід за Сонцем; роблять великі телескопи різних систем і багато інших допоміжних прпладів для спостережень за небесними тілами.

ФОТОГРАФУВАННЯ ЗІР

Якщо вам удасться побувати на обсерваторії, то ви, певно, здивуєтесь, дізнавшись, що в більшість телескопів дивитись не треба. Очі спостерігачів там давно замінила фотографічна пластинка. На ній виходять «портрети» небесних світил і цілих ділянок неба. На одному знімку можна одразу побачити десятки тисяч зір. Замість того щоб затрачувати багато годин на вивчення кожної з цих зір по черзі, сидячи, наприклад, узимку на морозі в башті, ці знімки вивчають у теплій кімнаті, порівнюючи фотографії, зняті в різний час. Так астрономи дізнаються про зміни, що відбуваються в розташуванні зір, про їх яскравість, рух у просторі. За допомогою фотографічних знімків визначають віддаль до зір і з'ясовують причини зміни блиску деяких з них.

Для зручності порівняння знімків їх розглядають попарно в приладі, який схожий на стереоскоп, або в інших приладах, де знімки видно по черзі, швидко, один за одним. На обсерваторіях цілі шафи заповнені знімками зір, сфотографованими за багато років.

Щоб установити рух будь-якої далекої зірочки, що мчить із швидкістю кілька десятків кілометрів за секунду, треба порівняти знімки, зроблені з проміжком часу в кілька десятиліть. На двох таких знімках положення зорі, що вивчається під мікроскопом, різнитиметься на кілька сотих або навіть тисячних часток міліметра.

Ось які малюсінькі величини вимірюють астрономи, щоб визначити величезні швидкості руху гігантських небесних тіл!

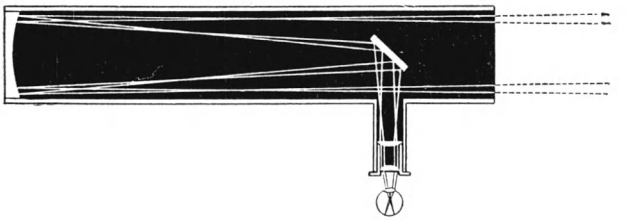


Схема телескопа-рефлектора. Зліва — ввігнуте дзеркало, яке збирав промені і спрямовув вниз, де знаходиться око спостерігача.

Результати таких вимірювань треба ще підрахувати. Для цього користуються електричними машинами — арифмометрами; вони самі помножають і ділять великі числа, якщо натиснути на них потрібні кнопки.

Є на обсерваторіях прилади, якими точно вимірюють силу світла зір і навіть тепло, що надходить від них. Яка це складна робота, зв'язана з величезною точністю, можна собі уявити на такому прикладі: гігантська зоря Бетельгейзе в сузір'ї Оріона посилає на Землю стільки тепла, що коли збирати його протягом року за допомогою угнутого дзеркала діаметром 2,5 *м*, то ним можна було б нагріти наперсток води тільки на один градус. Так далеко до цієї зорі.

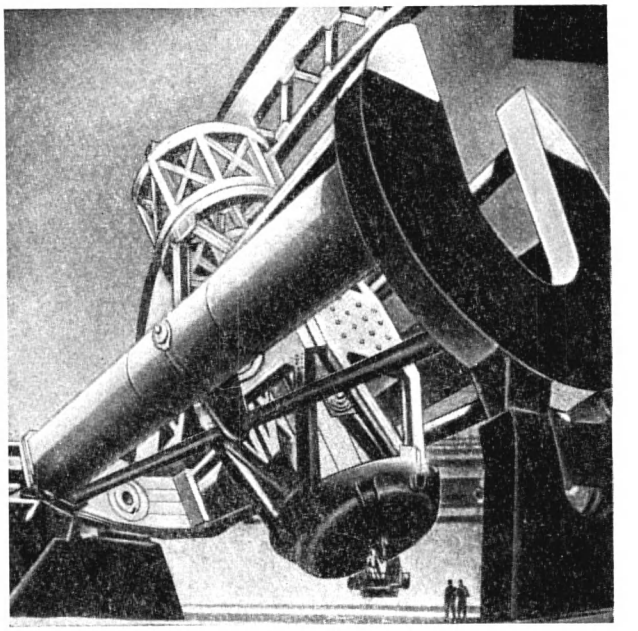
СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Коли сонячний промінь проходить крізь скляну тригранну призму, він розбивається на складові частини — промені всіх кольорів райдуги.

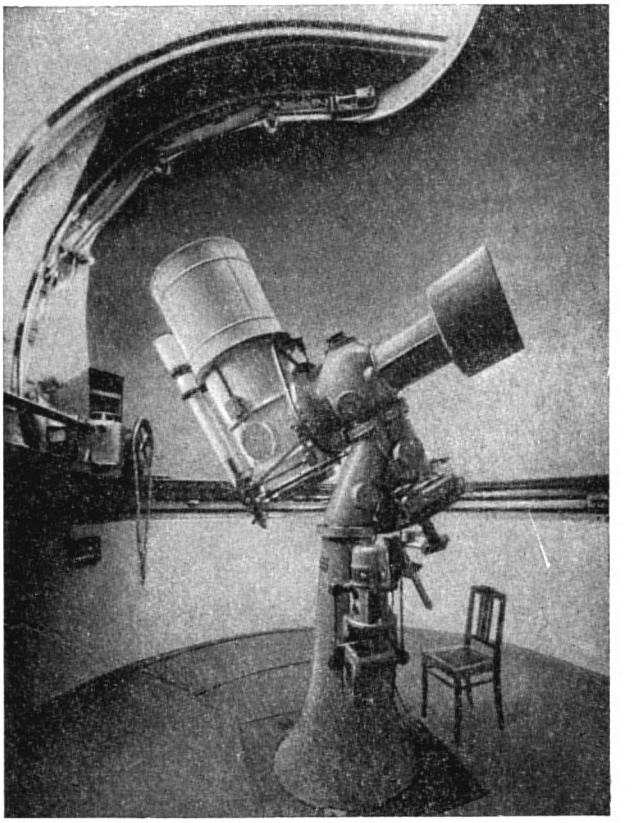
Світло, розкладене на його складові частини, називається спектром, а прилад для діставання і розглядання спектрів — спектроскопом.

Райдуга, що виблискує після дощу на небі,— це і є спектр Сонця, утворений крапельками води, що перебувають у повітрі. Але спектроскоп дає спектр Сонця чистіший, а крім того, у ньому на фоні райдужної смужки видно численні темні лінії, які перетинають її в різних місцях спектра.

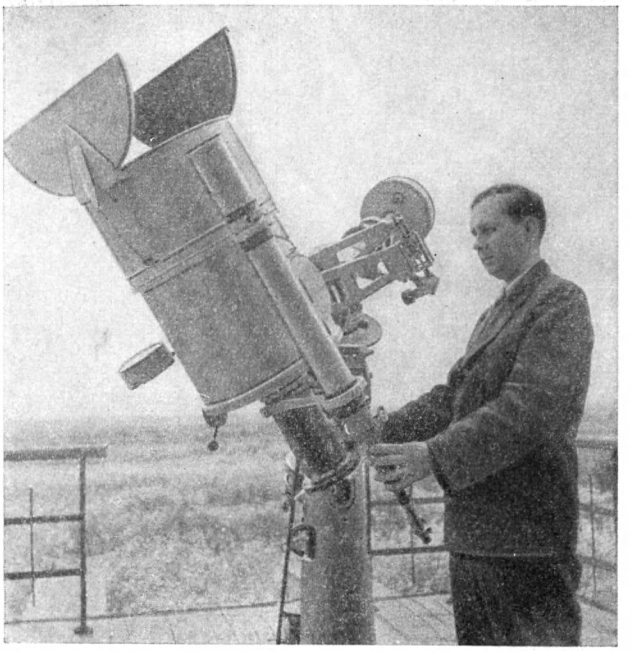
Розжарена нитка електричної лампочки, полум'я свічки і розплавлений метал теж дають спектр у вигляді райдужної смужки, але в таких смужках спектра темних ліній не видно. Спектри розріджених газів, наприклад тих, що світяться в трубках, якими тепер почали прикрашати вивіски і вітрини магазинів, мають вигляд кольорових ліній на темному фоні.



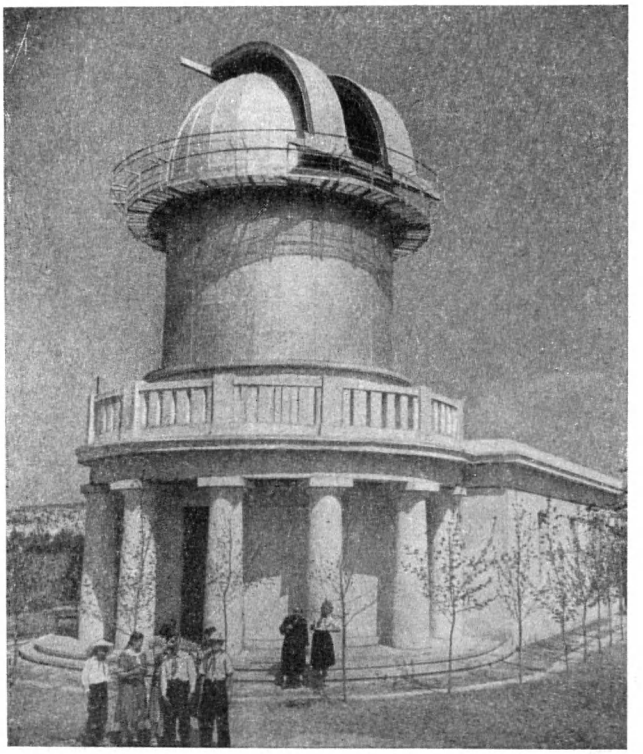
200-дюймовий рефлектор (США, обсерваторія Маунт-Паломар).



Менісковий телескоп системи Д. Д. Максутова в Пулковській обсерваторії.



Дзеркально-лінзовий телескоп системи Г. Г. Слюсарева для фотографування зір та туманностей.



Башта великого сонячного телескопа Кримської астрофізичної обсерваторії Академії наук СРСР.

Учені встановили, що кожна речовина, яка перебуває в стані світної пари або газів, дає в спектрі свої власні, завжди ті самі кольорові лінії.

Наприклад, пара металу натрію завжди дає в спектрі ту саму яскраву жовту лінію, тобто світло натрію складається з самих жовтих променів. Натрій входить до складу кухонної солі. Внесіть на кінчику складаного ножика крупинки солі в полум'я свічки, і воно забарвиться в жовтий колір. Спектри інших речовин складаються з багатьох інших ліній різного кольору. З положення таких ліній у спектрі складної речовини можна встановити її склад. Якщо складові частини цієї речовини, перетворившись на пару, засвітяться, то кожна з них заявить про себе в спектрі певними кольоровими лініями. Так по спектру з'ясовують хімічний склад газів.

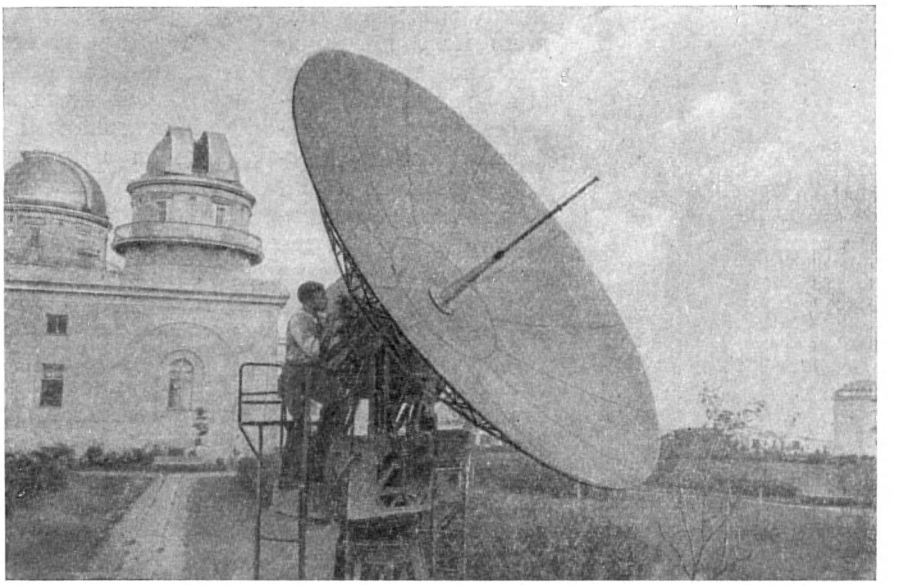
ЯК ВСТАНОВЛЮЮТЬ ХІМІЧНИЙ СКЛАД НЕБЕСНИХ ТІЛ

За допомогою спектрального аналізу вчені просто встановили хімічний склад зір, комет і туманностей — величезних мас розрідженого газу. Це відкриття вчених було торжеством матеріалістичної науки, яка довела помилковість тверджень деяких філософів минулого століття, що людське пізнання обмежене і люди ніколи не зможуть встановити хімічний склад небесних світил.

Проте повернемося до загадкового спектра Сонця, перетятого темними лініями, і до схожих цим на нього спектрів зір. Таємниця цих темних ліній з'ясувалася, коли між спектроскопом і полум'ям свічки, що дає спектр у вигляді райдужної смужки без ліній, вмістили газ, холодніший, ніж полум'я. У райдужній смужці спектра виникли темні лінії, причому в тих самих частинах спектра, де цей газ сам по собі давав би в спектрі кольорові лінії. Виявилось, що газ поглинає із складу спектра гарячішого джерела світла (у даному досліді — свічки) ті самі промені, які він сам випромінює в розжареному стані. Звідси вчені зробили висновок, що розжарені поверхні Сонця і зір дають спектри у вигляді райдужних смужок, але ці поверхні оточені менш розжареними і розрідженими газами, які й зумовлюють виникнення в спектрі темних ліній. Ці гази утворюють навколо Сонця і зір атмосфери, хімічний склад яких можна встановити по темних лініях спектра. Зазначимо, що поверхні

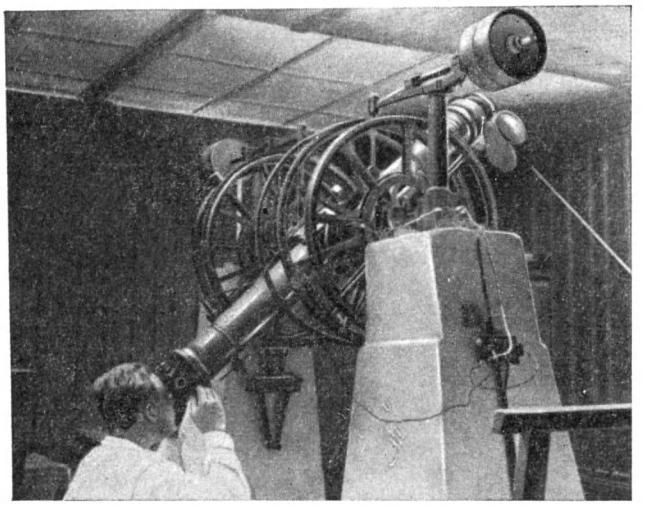
Сонця і зір хоч і дають такий самий спектр, як рідкі і тверді розжарені тіла, але складаються з розжарених газів, густіших, ніж навколишні атмосфери.

Спектри світил говорять нам не тільки про їх хімічний склад. В них можна «прочитати» ще багато дечого, якщо вивчити «спектральну грамоту». Наприклад, у порівняно холодного тіла найяскравішою буде червона частина спектра. Чим тіло гарячіше, тим менш яскраві червоні промені в його спектрі порівняно з іншими і тим біліший його колір. Так учені визначають температуру зір по їх кольору, або спектру.



Радіотелескоп у Пулкові.

Вже давно вчені висловили припущення, що, коли джерело світла рухається відносно спостерігача, лінії в його спектрі повинні трохи зміщуватись: при наближенні джерела світла лінії повинні зміщуватись в сторону фіолетового кінця спектра, і тим більше, чим більша швидкість руху джерела світла; при віддаленні вони повинні зміщуватись до червоного кінця спектра.



Меридіанний круг — інструмент для визначення точного положення зір.

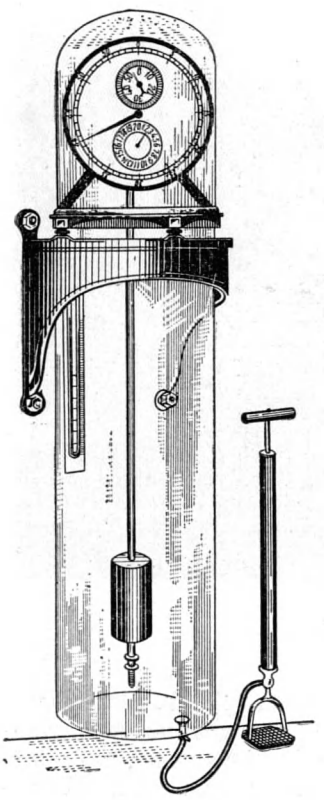
Російський учений акад. А. А. Белопольський (див. стор. 487) за допомогою дуже складних і точних дослідів підтвердив, що лінії спектра справді зміщуються саме так. Після цього вже можна було з певністю визначати за спектром швидкість і напрям руху небесних тіл, а в зв'язку з цим учені зробили багато і інших цікавих відкриттів, про які розповідається в інших статтях цього тома.

Хоч на фотографіях спектри і не виходять кольоровими, але вчені тепер вже добре знають, якому саме кольору відповідає те чи інше місце на чорно-білій фотографії спектра. Для вивчення світил застосовуються в наш час різно збудовані радіотелескопи, що реєструють випромінювання радіохвиль деякими небесними тілами.

Перш ніж астроном із своїх спостережень зробить висновок, йому звичайно доводиться провадити багато різних вимірювань та обчислень.

ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОГО ЧАСУ

На обсерваторіях є інструменти, за допомогою яких якнайточніше визначають час — перевіряють годинники. Час установлюють по положенню, що займають світила над горизонтом. Для того щоб годинник обсерваторії йшов якомога точніше і рівномірніше, в про-



Годинник для зберігання точного часу.

міжку між вечорами, коли його перевіряють по положенню зір, годинник ставлять у глибокі підвали. У таких підвалах цілий рік підтримується стала температура. Це дуже важливо, бо зміна температури впливає на хід годинника.

Для передавання сигналів точного часу по радіо на обсерваторії є спеціальна складна годинникова, електрична і радіоапаратура. Сигнали точного часу, що передаються з Москви,— одні з найточніших у світі. Визначення точного часу по зорях, зберігання часу за допомогою точних годинників і передавання його по радіо — усе це становить Службу часу.

ДЕ ПРАЦЮЮТЬ АСТРОНОМИ

Наукову роботу астрономи провадять на обсерваторіях та в астрономічних інститутах. Останні займаються головним чином теоретичними дослідженнями.

Після Великої Жовтневої соціалістичної революції в нашій країні було створено Інститут теоретичної астрономії в Ленінграді, Астрономічний інститут ім. П. К. Штернберга в Москві, астрофізичні обсерваторії у Вірменії, Грузії і ряд інших астрономічних установ.

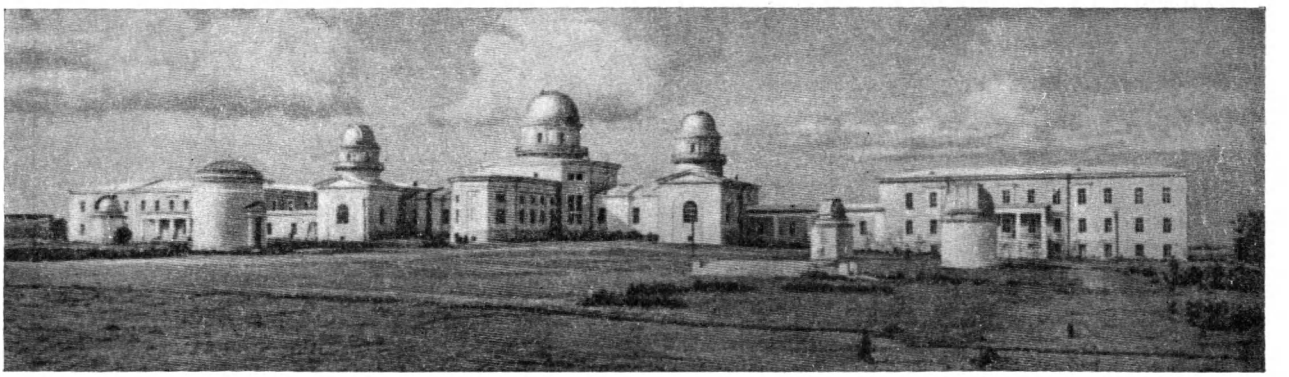
Підготовка і навчання астрономів провадиться в університетах на механіко-математичних або фізико-математичних факультетах.

Головна обсерваторія в нашій країні — Пулковська. Її збудовано в 1839 р. поблизу Петербурга (тепер м. Ленінград) під керівництвом визначного російського вченого В. Я. Струве (див. стор. 474). У багатьох країнах її справедливо називають астрономічною столицею світу.

Сімеїзька обсерваторія в Криму після Великої Вітчизняної війни була цілком відбудована, а недалеко від неї збудували нову обсерваторію в селі Партизанському під Бахчисараєм, де тепер встановлено найбільший в СРСР телескоп-рефлектор із дзеркалом діаметром $1^1/_4$ *м*, а незабаром буде встановлено рефлектор із дзеркалом діаметром 2,6 *м* — третій за величиною в світі. Обидві обсерваторії тепер становлять одну установу — Кримську астрофізичну обсерваторію Академії наук СРСР. Астрономічні обсерваторії є в Казані, Ташкенті, Києві, Харкові й інших місцях.

На всіх обсерваторіях у нас провадиться наукова робота за погодженим планом. Досягнення астрономічної науки в нашій країні допомагають широким верствам трудящих виробити правильне, наукове уявлення про навколишній світ.

Багато астрономічних обсерваторій є і в інших країнах. З них найбільш відомі найстаріші з існуючих — Паризька і Грінвічська, від меридіана якої провадиться лічба



Пулковська обсерваторія.

географічних довгот на земній кулі (недавно цю обсерваторію перенесли на нове місце, далі від Лондона, де багато завад для нічних спостережень неба). Найбільші в світі телескопи встановлено в Каліфорнії на обсерваторіях Маунт-Паломар, Маунт-Вільсон і Лікской. Останню з них збудовано наприкінці XIX ст., а перші дві — вже в XX ст.

Сімеїзька обсерваторія (частина Кримської астрофізичної обсерваторії Академії наук СРСР).

ЯК ВИМІРЮЮТЬ ВІДДАЛЬ ДО НЕБЕСНИХ СВІТИЛ

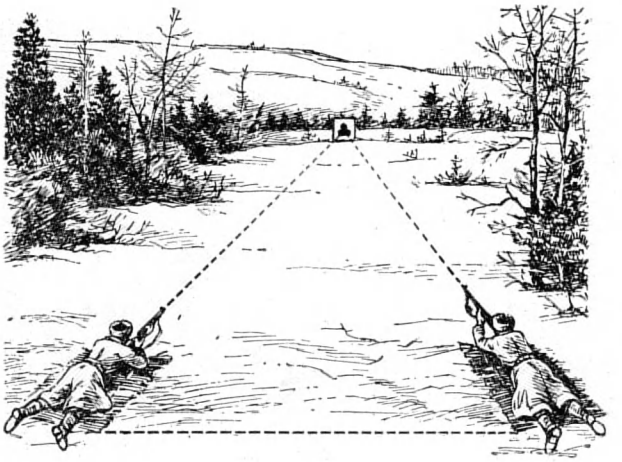
Багато віків минуло, перш ніж люди упевнилися в тому, що щодобові і річні зміни у видимому розташуванні світил одне відносно одного і горизонту відбуваються не через те, що весь Всесвіт обертається навколо Землі, і не через те, що Сонце ніби оббігає Землю. Виявилось, що причиною цих переміщень є рух самої Землі, насамперед навколо своєї осі і навколо Сонця. Тільки зрозумівши це, люди змогли підійти до визначення справжніх віддалей до небесних світил, розмірів світил та їх рухів.

Віддаль до небесних світил астрономи визначають так, як артилеристи визначають віддаль до цілі. Для цього застосовують різні прилади (наприклад, далекоміри), але суть усіх цих способів одна й та сама.

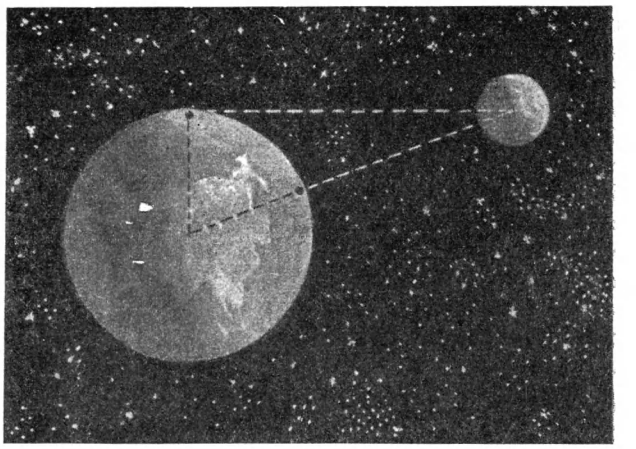
Предмет, віддаль до якого треба визначити, розглядають одночасно з двох різних місць, звідки його буває видко в різних напрямах. Якщо дві особи, стоячи на віддалі 10 *м* одна від одної, цілитимуться з рушниць в один і той самий предмет, що перебуває від них на віддалі 100 *м*, то їх рушниці не будуть паралельні одна одній, як паралельні одна одній рейки залізниць. Рушниці стрільців утворять між собою кут, причому тим менший, чим далі буде ціль.

Знаючи віддаль між спостерігачами і кут між напрямами, під якими вони бачать ціль, можна обчислити віддаль до неї. Це роблять, користуючись тим відділом математики, який називається тригонометрією. Учені теж «цілять ся» на зорі, але не рушницями, а телескопами. Кут між напрямами двох телескопів на зорю визначають по спеціальних приладах — поділених кругах — з точністю до $^1/_{100}$ частки секунди дуги. При відліках таких дрібнісіньких частин дуги астрономи користуються мікроскопами.

Небесні світила перебувають дуже далеко від Землі. Щоб помітити різницю в напрямах, по яких видно світило, учені повинні пере-



Можна обчислити віддаль до мішені, якщо відомі віддаль між стрілками і кут, під яким вони бачать мішень. Таким самим способом астрономи вимірюють віддаль до небесних світил.



Астрономи визначили віддаль до найближчих до нас небесних тіл (Місяця, Сонця), провадячи спостереження за небесними світилами з двох віддалених точок земної кулі.

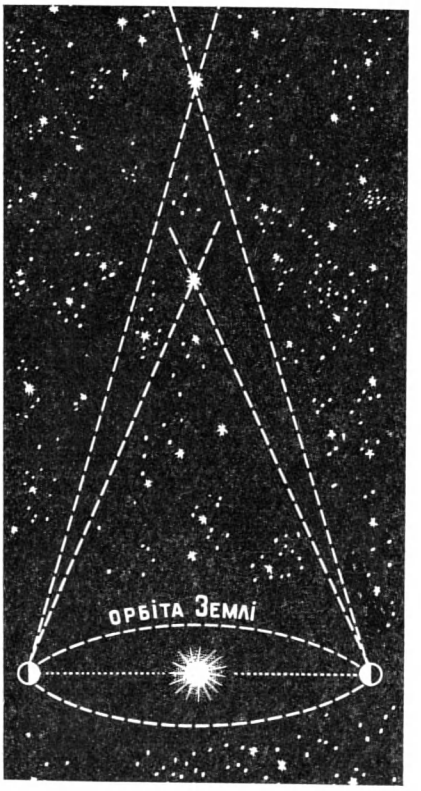
бувати по змозі на віддалі багатьох тисяч кілометрів один від одного.

Наприклад, для цієї мети один астроном спостерігає світило на півночі Європи, а другий водночас спостерігає його в Південній Африці.

Провадячи спостереження з двох віддалених точок земної кулі, астрономи визначили віддаль до найближчих від нас небесних тіл: Місяця, Сонця і планет.

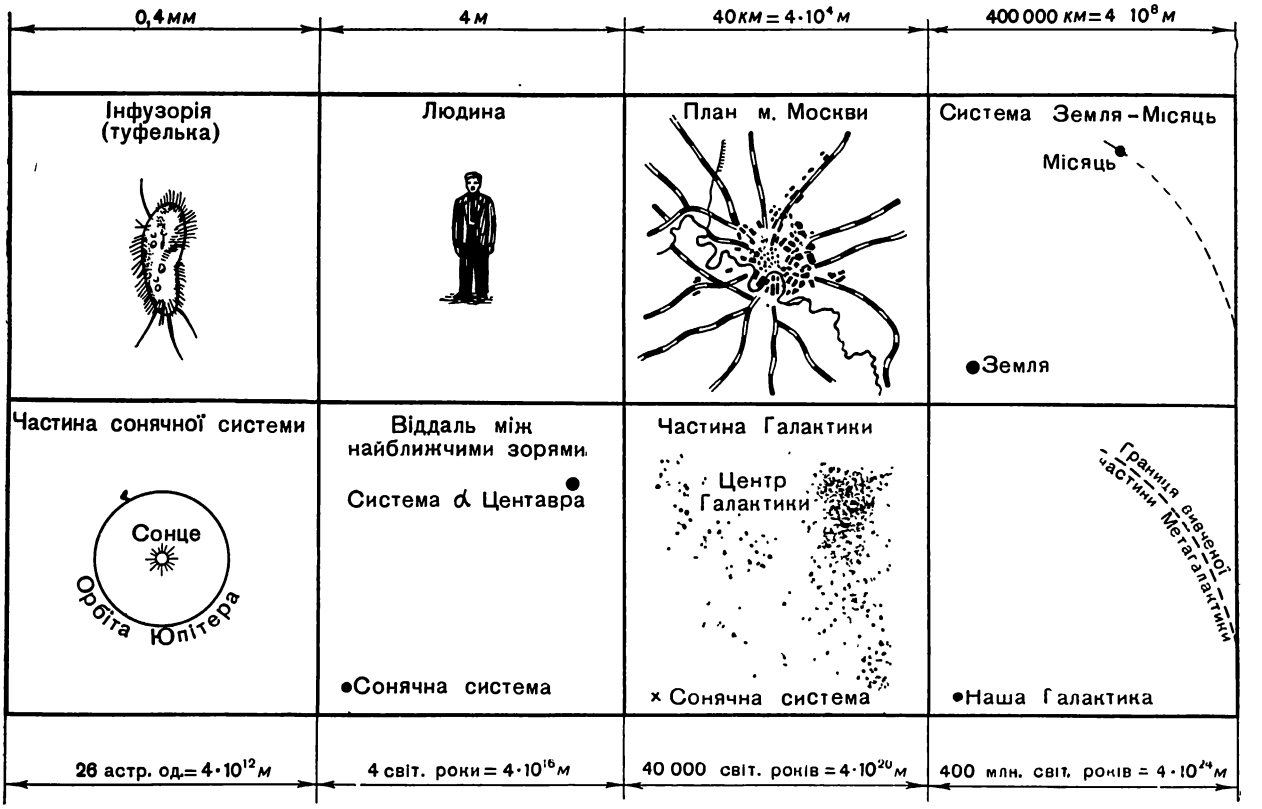
Але навіть найстаранніші спроби не можуть описаним вище способом привести до визначення віддалей до зір. Діаметр земної кулі замалий для того, щоб, спостерігаючи з протилежних кінців його, можна було помітити різницю в напрямах на зорі.

Проте близько ста років тому російському вченому В. Я. Струве (див. стор. 474) вдалося вперше встановити віддаль до однієї з найближчих до нас зір. Але для цього йому довелося спостерігати її не з кінців земного діаметра, а з кінців прямої лінії, у 23 600 раз довшої. Де ж він зміг взяти таку довгу пряму лінію, яка на земній кулі ніяк не може вміститись? Виявляється, цю лінію можна взяти в природі — це діаметр земної орбіти. Щоб проїхати вздовж діаметра земної орбіти, що дорівнює 300 млн. *км*, на кур'єрському поїзді, що йде із швидкістю 100 *км/год*, довелося б затратити понад 340 років!



Віддаль до дуже далеких небесних світил (зір) визначають з протилежних точок земної орбіти.

Але цього не треба робити. За півроку земна куля переносить нас на другу сторону від Сонця, на другий кінець діаметра земної орбіти, і лише спостерігаючи з кінців його, можна помітити надзвичайно малу різницю в напрямах, по яких видно найближчі зорі. Правда, спостереження при цьому доводиться провадити не одночасно, а в моменти, відокремлені один від одного проміжком, що дорівнює півроку. За цей час зоря, яку ми вивчаємо, переміститься в просторі на величезну віддаль внаслідок свого руху, але ця віддаль зовсім мала порівняно з віддаллю від нас до зорі, і її можна не брати до уваги. Так само артилеристу, який обчислює багатокілометрову віддаль до позиції ворога, однаково, чи зробить хто-небудь у ворожому таборі крок вперед чи крок назад. Його обчислення бу-



Порівнювання квадратів, зображених на рисунку, дає нам наочне уявлення про величину Всесвіту. Масштаб від квадрата до квадрата збільшується в 10 000 раз.

дуть достатньо точні без врахування останньої обставини.

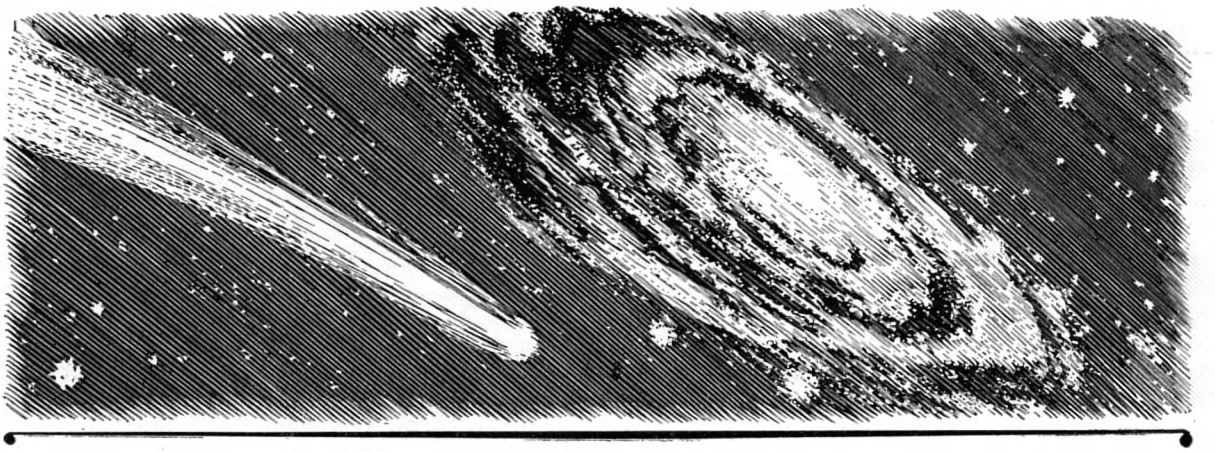
Астрономи встановили, що навіть найближча до Землі зоря знаходиться далеко-далеко за межами сонячної системи. Ці віддалі такі великі, що подавати їх у кілометрах важко. Через те їх подають одиницями часу, який потрібен світлу, щоб пройти цю віддаль. Світло рухається дуже швидко і за 1 сек. поширюється на 300 тис. *км*. Коли блисне блискавка, то її світло доходить до нас за мізерно малу частку секунди. Від Місяця до Землі світло йде $1^1/_4$ секунди, від Сонця—8 хвилин, від найдальшої планети, Плутона, близько 5 годин, а від найближчої зорі — понад 4 роки! Кур'єрський поїзд, йдучи без зупинки із швидкістю 100 *км/год*, дійшов би до найближчої зорі, яка називається альфою Центавра, тільки через 46 млн. років. А це ж найближча зоря! Її віддаль від Землі зовсім мала порівняно з віддаллю далеких зір Молочного Шляху.

Деяких людей лякає величезність зоряних віддалей, але треба подумати про те, яка велика могутність людського розуму, якщо він зміг подолати такі віддалі. Для людського розуму немає меж. Він може необмежено пізнавати світ, закони природи і застосовувати знання собі на користь.

Вимірювання віддалей до зір остаточно довели, що вони перебувають від нас на різних віддалях і зовсім не розташовані на поверхні круглого купола, яким нам здасться зоряне нічне небо. Воно нам здасться куполом, перевернутим над Землею, або кулею, яка звідусіль оточує нашу планету, тільки через те, що неозброєне око не сприймає різниці у відстанях до різних зір.

Якої-небудь планети, навіть далеко більшої, ніж Земля, коли б вона знаходилася від Землі на віддалі найближчої зорі, було б не видно зовсім. На такій величезній віддалі Сонце освітлювало б її надто недостатньо, та й на зворотному шляху до нас відбите нею світло

слабшало надто сильно. З цього треба зробити висновок, що зорі світять своїм власним, надзвичайно яскравим світлом, тобто є самостійними сонцями. Тепер ми маємо безліч інших підтверджень такому висновку. Отже, з своєї точки зору ми можемо поділити Всесвіт на сонячну систему (найближчі до нас околиці) і безконечний світ, що лежить за її межами. Цей світ складається з сили-силенної зір, подібних до нашого Сонця.



Що ми знаємо про Всесвіт

МІСЯЦЬ

ЯК ЗМІНЮЄТЬСЯ ВИГЛЯД МІСЯЦЯ

Ось тільки зайшло Сонце. На фоні червонуватої заграви яскраво вимальовується вузький блискучий серп, горбом звернений в бік зниклого Сонця. Недовго доводиться ним любуватись. Незабаром і він опускається услід за Сонцем під горизонт. При цьому говорять: «Народився новий Місяць».

Другого дня при заході Сонця ви помітите, що серп став ширший, його видно вище над горизонтом і заходить він вже не так рано. З кожним днем Місяць ніби росте і водночас відходить від Сонця все далі й далі ліворуч. Через тиждень увечері Місяць буде видно на півдні у вигляді півкруга з опуклістю праворуч. Тоді говорять: «Місяць досяг фази першої чверті».

У наступні дні Місяць продовжує рости, він стає більший за півкруг і відходить далі на схід, поки ще через тиждень не стане повним кругом, тобто настане повномісяччя. У той час, коли Сонце йтиме під горизонт на західній стороні, з протилежної, східної, сторони почне підніматись повний Місяць. Перед ранком обидва світила ніби міняються місцями: коли Сонце показується на сході, повний Місяць заходить на заході.

Далі з кожним днем Місяць сходить пізніше. Він стає дедалі більш урізаним, або ущербленим, але вже з правої сторони. Через тиждень після повномісяччя ви ввечері не знайдете

на небі Місяця. Він тільки близько півночі показується на сході з-за горизонту і знов у вигляді половини круга, але горбом спрямований тепер уліво. Це — остання чверть. Уранці можна побачити з південної сторони півкруг Місяця, звернений горбом до сходячого Сонця. Через кілька днів тільки перед сходом Сонця показується з-за горизонту на сході вузький серп Місяця. А ще через тиждень, після останньої чверті, Місяця зовсім не буде видно — настає новомісяччя; тому він покажеться знову з лівого боку від Сонця: увечері на заході і горбом вже знову вправо.

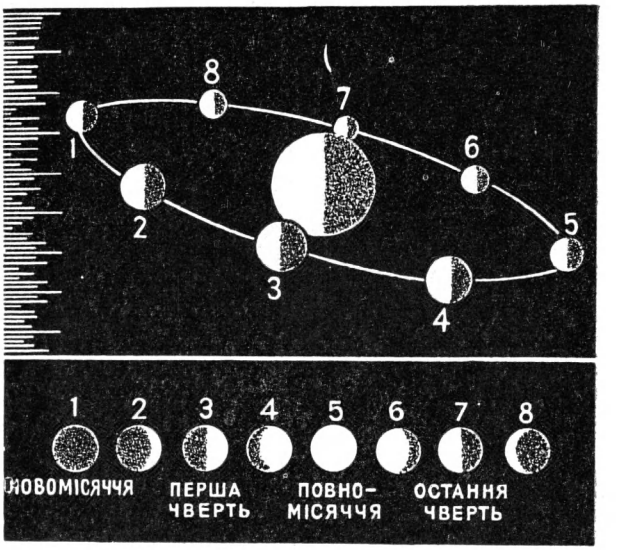
Так змінюється вигляд Місяця на небі кожні чотири тижні, а точніше — за період $29^1/_2$ доби. Це місяцевий, або синодичний, місяць. Він став основою для складання календаря ще за стародавніх часів. Такий місяцевий календар зберігся у деяких східних народів і до теперішнього часу.

Можна розрахувати, коли та як буде видно Місяць — коли будуть ясні і темні ночі, а коли вся ніч буде місячна, ясна. Іноді це буває дуже важливо знати заздалегідь.

Зміну місяцевих фаз можна звести в таку таблицю:

Головні фази	Знак фази	Видимість Місяця
Новомісяччя		Не видно
Перша чверть (через 7 діб і 9 годин)		На півдні — при заході Сонця; на заході — близько півночі
Повномісяччя (через 14 діб і 19 годин)		На сході — увечері; на півдні — опівночі; на заході — вранці
Остання чверть (коли мине 22 доби і 4 години)		На сході — опівночі; на півдні — вранці
Новомісяччя (через 29 діб і 13 годин)		Не видно

Зробіть увечері в кімнаті такий дослід: візьміть м'яч і лампу. Нехай м'яч зображає Місяць, ваша голова — Землю, а лампа, поставлена віддалік,— Сонце. Тримайте м'яч у витягнутій руці, рухайте його навколо себе і дивіться, як буде видно вам освітлену частину м'яча. Так само буде видно Місяць з Землі, навколо якої Місяць обертається.



Фази Місяця.

Під час новомісяччя Місяць перебуває між Землею і Сонцем і звернений до Землі неосвітленою стороною. У першу чверть, тобто через чверть обороту Місяця, до Землі буде звернена половина його освітленої сторони. У повномісяччя Місяць перебувас в протилежній від Сонця стороні, а до Землі звернена вся освітлена сторона Місяця, і ми бачимо його повним кругом. В останню чверть знову ми бачимо з Землі половину освітленої сторони Місяця. Тепер зрозуміло, чому опукла сторона серпа Місяця завжди звернена до Сонця.

У найближчі вечори після новомісяччя можна спостерігати, крім яскравого серпа, і не освітлену Сонцем, але мало помітну частину Місяця. Таке явище називається попелястим світлом. Це — нічна поверхня Місяця, яка освітлюється тільки відбитим від Землі сонячним промінням.

Таким чином, зміна фаз Місяця пояснюється двома причинами: по-перше, Місяць — темна, непрозора куля, що освітлюється Сонцем, і, по-друге, Місяць обертається навколо Землі.

Час обертання Місяця навколо Землі називається зоряним місяцем і становить $27^1/_3$ доби, тобто менше як $29^1/_2$ доби, протягом яких відбувається зміна фаз Місяця. Причиною цього є рух самої Землі. Обертаючись навколо Сонця, Земля захоплює за собою і свій супутник — Місяць.

Нехай Місяць буде в положенні новомісяччя. Поки він зробить повний оборот за $27^1/_3$ доби, Земля разом з Місяцем займе в

цей час інше положення відносно Сонця: Місяць ще не опиниться між Землею і Сонцем. Для того щоб настало наступне новомісяччя, Місяцю треба просунутись ще далі і зробити більше як повний оборот. На це йому потрібно трохи більше за дві доби. Ось причина відмінності між тривалістю синодичного і зоряного (сидеричного) місяців.

У новомісяччя, коли Місяць стає між Землею і Сонцем, він може закрити його від нас, і тоді настане сонячне затемнення. У повномісяччя Місяць, перебуваючи по другу сторону від Землі, може потрапити в тінь, що її відкидає Земля, тоді відбудеться місяцеве затемнення. Затемнень не буває щомісяця через те, що Місяць обертається навколо Землі в площині, яка не збігається з тією площиною, де Земля обертається навколо Сонця.

ОБЕРТАННЯ МІСЯЦЯ, ЗМІНА НА НЬОМУ ДНЯ І НОЧІ

Коли розглядати Місяць у бінокль або навіть неозброєним оком, на його поверхні видно темні плями і майже завжди в тих самих місцях, однаково віддалених від країв місяцевого диска. Значить, Місяць звернений до Землі завжди однією і тією самою стороною. Пояснюється це тим, що Місяць обертається навколо своєї осі якраз з тим самим періодом, з яким він обертається навколо Землі.

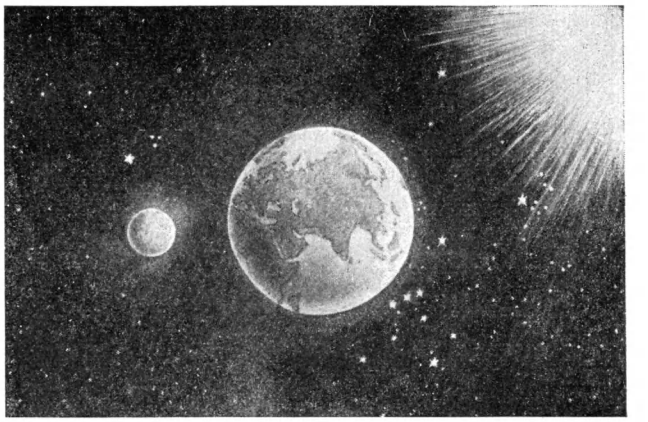
Зробіть такий дослід: обійдіть навколо столу, лишаючись весь час обличчям до нього. Ви по черзі побачите всі стіни кімнати. Результат буде той самий, як коли б ви зробили повний поворот навколо себе, стоячи на місці.

Внаслідок обертання Місяця навколо своєї осі різні ділянки його поверхні бувають звернені до Сонця в різний час. На ньому відбувається зміна дня і ночі. Місяцева доба в 29½ раза довша від земної. Майже 15 наших діб на Місяці тривав день і стільки ж часу — ніч.

ВІДДАЛЬ ВІД ЗЕМЛІ ДО МІСЯЦЯ І РОЗМІРИ МІСЯЦЯ

Місяць — супутник Землі. Це єдине велике небесне тіло, яке обертається навколо Землі.

Місяць далеко ближче до Землі, ніж інші небесні тіла. Віддаль до Місяця виміряли точно, скориставшись тим самим способом, яким на Землі вимірюють віддаль до видимих предметів, до яких не можна підійти.



Порівняльна величина Землі і Місяця.

Місяць рухається навколо Землі не по колу, а по еліпсу, тому його віддаль від Землі не залишається сталою. У середньому вона дорівнює 384 400 *км*.

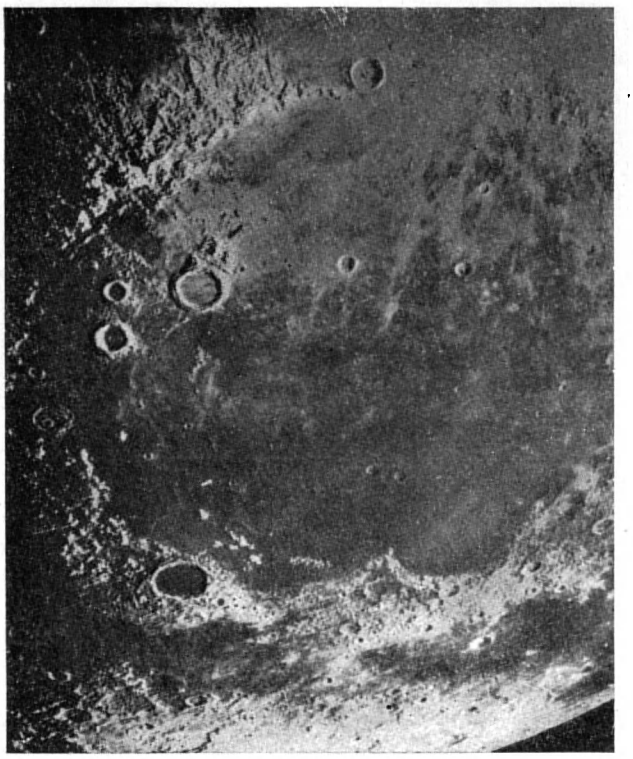
Знаючи віддаль до Місяця, учені обчислили його справжні розміри. Діаметр Місяця дорівнює 3476 *км*, тобто це трохи більше від чверті діаметра Землі. Площа Місяця трохи менша за територію Азії. Щодо об'єму Місяць майже в 50 раз менший від Землі.

ПРИРОДА МІСЯЦЯ

Як ми вже говорили, на Місяці неозброєним оком можна бачити темні плями. У бінокль, а ще краще в телескоп їх обриси виступають чіткіше. Це великі рівнини на місяцевій поверхні. Перші спостерігачі, які розглядали Місяць у телескоп, прийняли їх за водойми і назвали морями. Але на Місяці немає ні води, ні льоду. Якщо коли-небудь вони там і були, то давно вже випарувалися і звітрилися в простір. Пояснюється це тим, що сила тяжіння на Місяці у 6 раз менша, ніж на Землі. Місяць не міг довгий час вдержувати біля себе скільки-небудь значну кількість пари води і газів.

У тому, що на Місяці немає помітної атмосфери, можна упевнитись, спостерігаючи, як враз, без усякого потьмарення, зникає зоря, коли її закриває, рухаючись по небу, Місяць. Тіні гір на Місяці різко окреслені.

Оскільки на Місяці немає атмосфери, то не може бути на ньому й вітру. Там завжди безхмарне чорне небо, на якому і при яскравому Сонці блищать зорі. Блакитне забарвлення небу на Землі дає повітря. Розсіюючи сонячне проміння, воно заважає нам бачити



Ділянка місяцевої поверхні. Вигляд так званого Моря дощів з навколишніми горами.

Ділянка Місяця, де безліч кратерів, які добре видно в телескоп.

зорі вдень, бо робить фон усього небозводу яскравішим, ніж зорі.

Через відсутність атмосфери палюче проміння Сонця протягом місяцевого дня може підвищувати температуру поверхні Місяця до плюс 120°; зате після заходу Сонця температура швидко спадає і доходить уночі до мінус 160°.

Через те що на Місяці немає ні води, ні повітря, його поверхня не розмивається і не вивітрюється.

Різні нерівності на місяцевій поверхні — її гори та западини — найкраще видно близько першої та останньої чверті, коли сонячне проміння, косо падаючи, створює там подовжені тіні. За цими тінями вчені виміряли висоту місяцевих гір: деякі з них досягають 7000 *м*.

Багато дають для вивчення поверхні Місяця фотознімки з великим збільшенням. На них можна побачити широку темнувату рівнину, яку назвали Морем дощів, а по краях її — пасма гір і окремі кільцеві гори. Друга частина поверхні Місяця вся вкрита кільцевими горами та кратерами найрізноманітніших розмірів. Діаметр найбільших з них досягає 200 *км*.

Але як могли утворитись великі кратери або величезні рівнини, облямовані пасмами гір? Це питання наука ще остаточно не розв'язала. Російський геолог О. П. Павлов вважав, що колись гарячі маси проривались в окремих місцях з надр Місяця на поверхню і утворювали розплавлені озера та моря. Вулканічна магма поступово застигала, нагромаджуючи біля країв затверділі скелі. А всередині цих просторів поверхня трохи опускалась, утворюючи великі рівнини.

Деякі вчені вважають, що кратери могли утворитись в результаті падіння на Місяць величезних метеоритів.

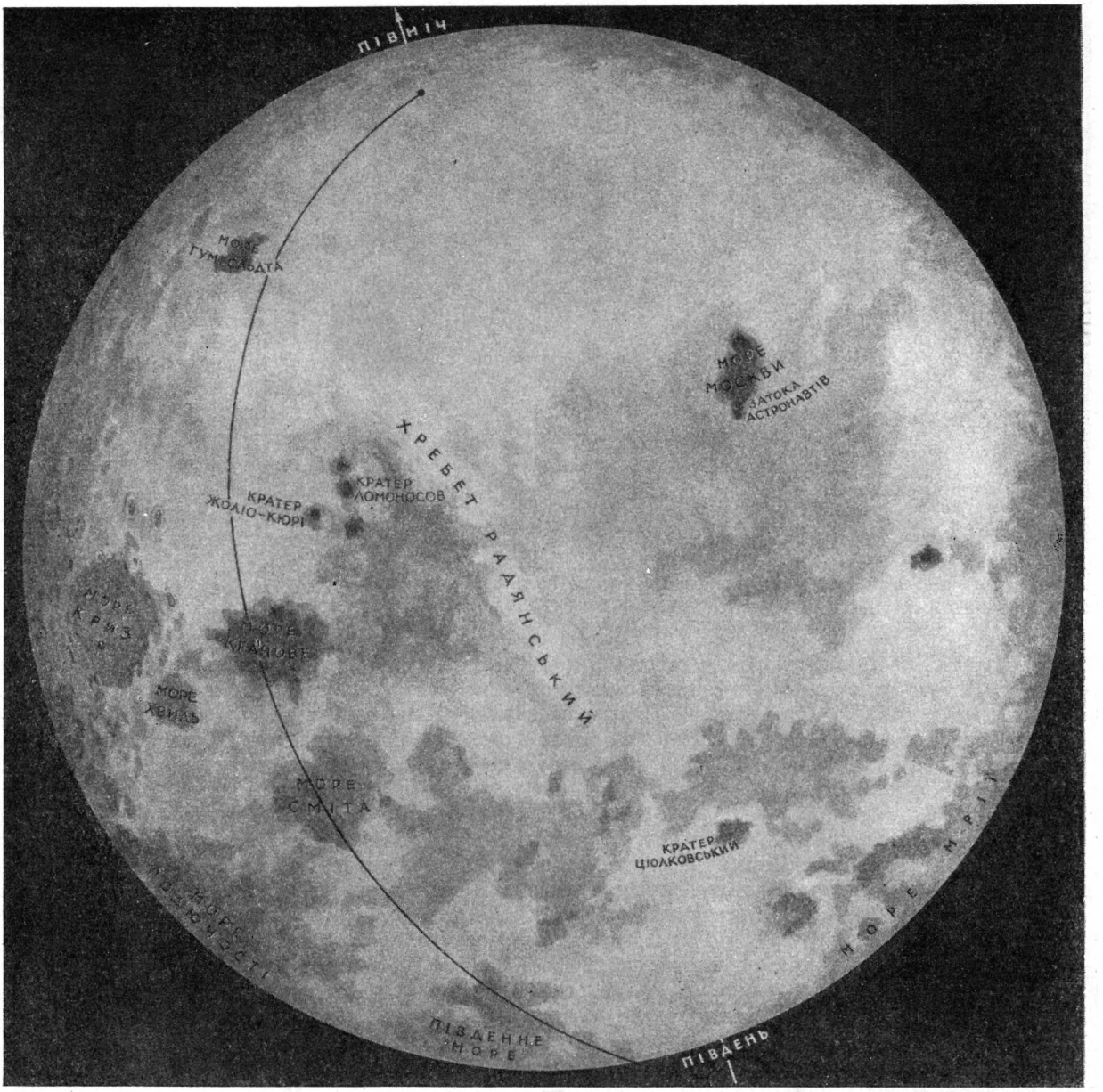
Крім великих рівнин, гірських хребтів і численних кільцевих гір, що вкривають поверхню, на фотографії Місяця можна бачити тріщини, складки і особливі світлі смуги, які променеподібно розходяться від деяких великих кратерів. Майже всім великим формам рельєфу на Місяці дано різні назви: для гірських хребтів узято назви земних (Кавказ,

Вигляд Землі з Місяця.

ПІВДЕНЬ

ПІВНІЧ

Карта Місяця.



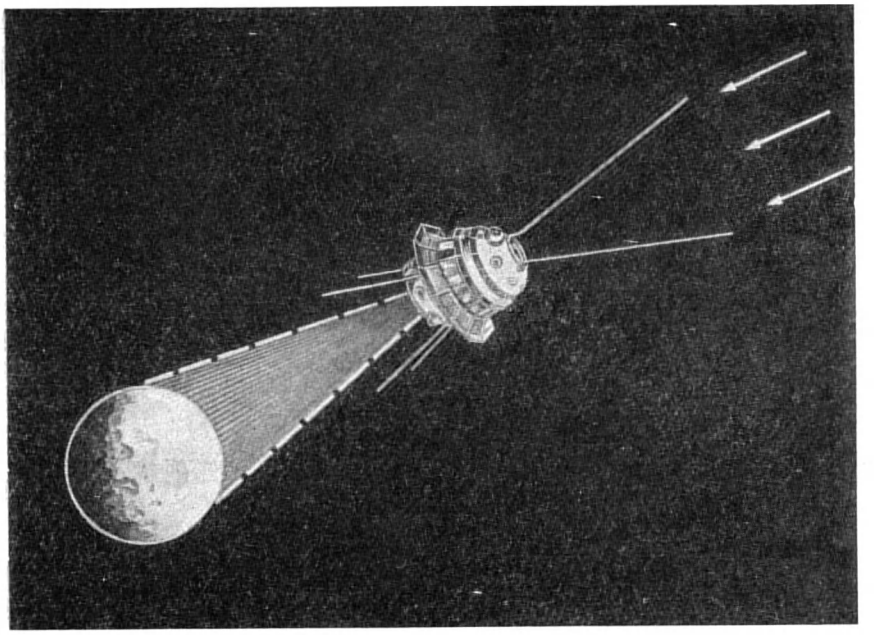
Фотографія зворотної сторони Місяця, одержана в борту автоматичної міжпланетної станції. Лінія, що проходить з півночі на південь,— межа між видимою (зліва) і невидимою (справа) з Землі частинами Місяця.

Альпи, Апенніни і т. д.), для кратерів — імена знаменитих учених (Коперніка, Кеплера, Тіхо та ін.).

Докладніше з місяцевою поверхнею можна ознайомитись, розглядаючи її карту (див. кольорову вклейку на стор. 366—367), а ще краще — вивчаючи Місяць у телескоп.

Проте в телескоп ми завжди бачимо лише одну сторону Місяця. Другу ж його сторону з Землі не видно ніколи і про її вигляд до останнього часу ми не мали будь-якої уяви.

4 жовтня 1959 р. в Радянському Союзі було запущено чергову потужну космічну ра-



Положення автоматичної міжпланетної станції у просторі під час фотографування зворотної сторони Місяця, яку не видно з Землі (стрілками справа показано напрям променів сонця).

кету. На ній була автоматична міжпланетна станція. Ракета облетіла Місяць, а автоматична міжпланетна станція за допомогою фотоапаратів сфотографувала його не видиму з Землі сторону. Спеціальна телевізійна установка передала ці фотознімки з борту станції на Землю.

Вчені дістали перші зображення не видимої нам сторони супутника Землі. Це величезне досягнення і відкриття є новим гідним вкладом радянських учених в скарбницю світової науки.

На добутих фотографіях вчені виявили кратери, гірські хребти, моря. Усім їм, подібно до видимої сторони Місяця, дано назви. Так, велике кратерне море діаметром 300 *км* дістало назву Моря Москви, один з кратерів названо ім'ям Ціолковського, другий — Ломоносова, третій — Жоліо-Кюрі, гірський хребет — Радянським тощо.

ПРИПЛИВИ І ВІДПЛИВИ

Жителі узбереж океанів щодня спостерігають, як під час припливів піднімається вода і заливає берег. Через кілька годин настає відплив і берег знову оголюється. В окремих місцях вода може підніматися на кілька метрів і, залежно від характеру обрису берегів, проникати в глибину материка навіть на кілька кілометрів.

Припливи і відпливи зумовлюються дією Місяця на Землю. Якщо Земля притягує Місяць, то й Місяць притягує до себе Землю. При цьому сторона Землі, звернена до Місяця, притягується дужче. Внаслідок різниці в притяганні рухома водна поверхня океанів ніби витягується, утворюючи два «горби»: один з боку Місяця, другий з протилежного боку («відстаючий горб»). А оскільки Земля обертається, то «горби» ці переміщаються (залишаючись витягнутими вздовж лінії, що сполучає Землю з Місяцем) і наступають на зустрічні береги.

В одному й тому самому місці буває два припливи за добу, а між ними два відпливи. У нас найбільші припливи і відпливи бувають на берегах Льодовитого океану, наприклад, у Мурманську, а також на Далекому Сході, на берегах Тихого океану.

Припливи спричинює не тільки Місяць, а й Сонце своїм притяганням. Та оскільки Сонце значно далі від Землі, ніж Місяць, його припливна дія слабша. Обидві припливні дії складатимуться, коли Земля, Місяць і Сонце будуть в одному напрямі. А це спостерігається в новомісяччя та повномісяччя. У цей час припливи досягають найбільшої висоти. А у першу і останню чверті Місяця бувають найменші припливи, бо сонячний приплив збігається з місяцевим відпливом.

* * *

Тепер після успішних запусків штучних супутників Землі, космічних ракет, кораблів-супутників і перших у світі польотів у космосі кораблів «Восток-1» і «Восток-2» з людиною на борту стає можливим здійснення міжпланетних перельотів і насамперед польоту на Місяць — найближче до Землі небесне тіло. Політ на Місяць допоможе краще вивчити природу цього небесного тіла, а з його поверхні зручніше буде спостерігати інші світи, вивченню яких у нас заважають хмари, рух повітря тощо.

СОНЦЕ — ДЖЕРЕЛО ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

Коли запитати кого-небудь, яке з небесних світил має найбільше значення для нас на Землі, то, напевне, почуємо, що Сонце. Якби не було Сонця, не було б на Землі зелених лук, тінистих лісів і рік, квітучих садів, хлібних полів, не могли б існувати ні людина, ні тварини, ні рослини.

Значення Сонця для життя на Землі людина відчувала вже в далекі часи. Але первісним людям Сонце здавалось якоюсь надприродною істотою. Його обожнювали майже всі народи стародавніх часів.

Наші предки слов'яни поклонялись богові сонячних променів — Ярилі. У стародавніх римлян був бог Сонця — Аполлон. Царі і князі, щоб звеличити свою владу, намагались прищепити людям уявлення про своє походження від бога Сонця. Наприклад, у славнозвісному поетичному творі Древньої Русі — «Слові о полку Ігоревім» руські князі називались «онучатами могутнього Даждь-бога», тобто бога Сонця.

Різні релігійні вірування та обряди, зв'язані з цими давніми уявленнями про Сонце, збереглися і до наших днів, наприклад, у святкуванні великодня, яке завжди зв'язане з настанням весни та оновленням усієї природи від живлющих сонячних променів.

Усякий рух на Землі відбувається головним чином за рахунок енергії, яка надходить до нас у сонячному промінні. Сонце — джерело життя на Землі.

Великий російський учений К. А. Тімірязєв у своїй чудовій книзі «Жизнь растения» писав: «Колись десь на Землю впав промінь Сонця. Але він впав не на безплідний грунт, він впав на зелену билинку пшеничного ростка, або, краще сказати, на хлорофілове зерно. Вдаряючись об нього, він погас, перестав бути світлом, але не зник... У тій чи іншій формі він ввійшов до складу хліба, який став нам їжею. Він перетворився в наші мускули, у наші нерви... Їжа є джерелом сили в нашому організмі через те тільки, що вона не що інше, як консерв сонячних променів...»

Жертвоприношення на честь Сонця у стародавніх інків в Південній Америці.

(Із старовинної гравюри)

ЩО ГОВОРИТЬ НАУКА ПРО СОНЦЕ

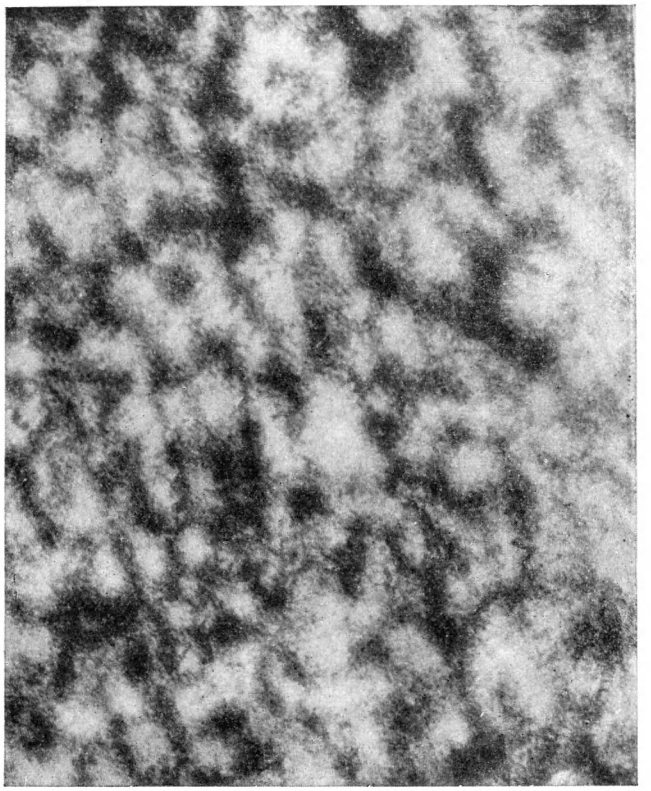
Що ж говорить нам наука про Сонце? Як далеко Сонце від нас і яке воно велике?

Віддаль від Землі до Сонця дорівнює майже 150 млн. *км*. Легко написати це число, але уявити собі таку велику віддаль важко. Найшвидше в природі поширюється світло. Воно йде із швидкістю 300 тис. *км/сек*. За одну секунду світло може майже вісім раз обійти навколо Землі. При такій величезній швидкості світлу все ж потрібно більш як вісім хвилин, щоб дійти до нас від Сонця.

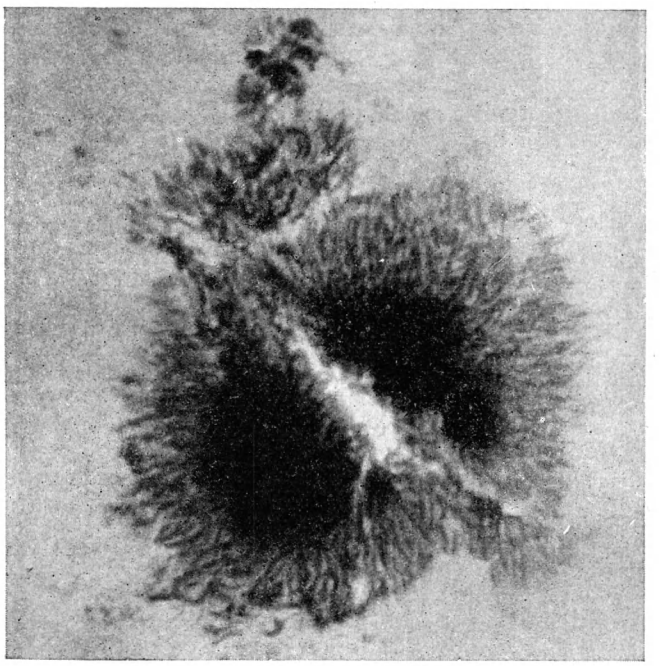
На небі ми спостерігаємо Сонце у вигляді порівняно невеликого диска. А знаючи віддаль від нас до Сонця і кут, під яким видно диск Сонця, можна обчислити справжній його діаметр. Як виявляється, сонячний діаметр у 109 раз перевищує діаметр земної кулі.

Щоб скласти кулю, що об'ємом дорівнювала б Сонцю, треба взяти 1 301 000 таких куль, як наша Земля. Уявіть собі великий кавун і зернинку пшона — це і дасть вам уявлення про порівняльні розміри Сонця і нашої планети.

Вивчаючи рух планет під дією притягання Сонця, астрономи визначили масу Сонця. Вона майже в 333 400 раз більша від маси Землі. Порівняйте це число з числом 1 301 000, яке показує об'єм Сонця порівняно з об'ємом земної кулі. Це говорить про те, що Сонце складається з речовини, густина якої майже в чотири рази менша, ніж Землі. Середня густина Землі відносно води 5,5, а Сонця — 1,4, і все ж маса Сонця надзвичайно велика. Якщо навіть взяти всі планети разом з їх



Фотосфера з гранулами.
(За рисунком О. П. Ганського).



Вигляд сонячної плями.

супутниками, то виявиться, що загальна їх маса майже в 750 раз менша від маси одного Сонця.

Від Сонця ми дістаємо дуже багато тепла і світла. А знаючи, на якій величезній віддалі воно знаходиться від нас, можна уявити, яким же гарячим воно має бути. Справді, чим вища температура тіла, чим воно дужче розжарене (наприклад, кусок заліза в горні), тим воно яскравіше. Сонце яскравіше за електричну дугу, яку вперше відкрив і описав російський фізик В. В. Петров. Але ж температура електричної дуги доходить до 3500°, і всі речовини при такій температурі не тільки плавляться, а й перетворюються в пару (газ). Температура Сонця ще вища. За допомогою особливих приладів ученим вдалося визначити, що температура на поверхні Сонця досягає 6000°.

Внаслідок такої високої температури Сонце не може бути ні в твердому, ні в рідкому стані.

Сонце — це колосальна куля, що складається з розжарених газів, в центрі якої температура досягає 20 млн. градусів.

Розжарені сонячні гази перебувають у постійному русі. Наш великий учений М. В. Ломоносов ще близько 200 років тому дуже яскраво змалював картину того, що, на його думку, відбувається на Сонці:

Когда бы смертным толь высоко
Возможно было возлететь,
Чтоб к Солнцу бренно[1] наше око
Могло, приблизившись, возреть,
Тогда б со всех открылся стран
Горящий вечно океан.

Там огненны валы стремятся
И не находят берегов,
Там вихри пламенны крутятся,
Борющись множество веков;
Там камни, как вода, кипят,
Горящи там дожди шумят...

ЩО ВІДБУВАЄТЬСЯ НА ПОВЕРХНІ СОНЦЯ

Подивимося на фотографію Сонця, зняту за допомогою телескопа. Краї сонячного диска не такі яскраві, як його центральна частина. Пояснюється це тим, що від середини сонячного диска до нас проникають промені з глибших, а через те й гарячіших шарів сонячних газів, ніж від країв. Шари Сонця, що дають яскраве світло, становлять ту його видиму поверхню, яка називається фотосферою.

У потужні телескопи здається, що фотосфера сяє не рівно, а має скрізь немов зернисту

[1] *Бренно (бренное)* — слабке, що легко піддається руйнуванню.

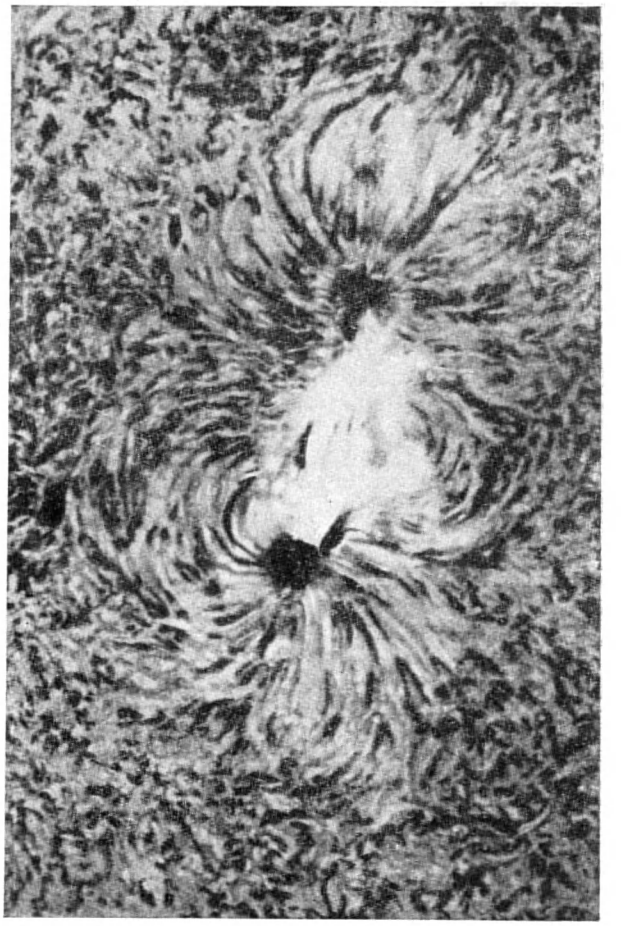
будову. Ось як зарисував фотосферу видатний російський астроном О. П. Ганський (див. рис. на стор. 370 вгорі). Переміжні білі і темнуваті зернятка або клубочки—так звані г р а н у л и— надзвичайно мінливі і весь час перебувають у русі. Через велику віддаленість Сонця їх навіть у потужні телескопи ледве видно. А в дійсності кожна гранула на Сонці має довжину від 700 до 1400 *км*. Це, мабуть, маси розжарених газів, що виштовхуються із ще гарячіших глибин.

Такий вигляд Сонце має майже завжди. Вже давно, задовго до винайдення телескопів, було помічено, що іноді на Сонці виникають порівняно великі темні плями і групи плям. У плямах можна розрізнити середню,темнішу частину — так звану тінь і облямівку навколо неї — напівтінь. Згодом у телескопи такі плями почали спостерігати регулярно. Деякі плями держаться на Сонці по кілька днів і навіть місяців. Переміщення таких плям від одного краю диска Сонця до протилежного краю дало можливість установити, що сонячна куля обертається. Виходячи із швидкості руху плям, вдалось визначити період обертання Сонця. При цьому виявилось, що різні зони Сонця обертаються з різною швидкістю: на сонячному екваторі період обертання становить 25 діб, а ближче до сонячних полюсів — понад 30 діб. На підставі цього вчені зробили також висновок, що Сонце обертається, як газоподібне, а не як тверде тіло.

Плями на Сонці змінюються, розпадаються на частини і зникають, діаметр окремих великих плям перевищує діаметр Землі. Плями виникають не на всій поверхні Сонця, а тільки в двох порівняно нешироких поясах обабіч сонячного екватора від 5 до 40°.

Плями тільки здаються нам темними на дуже яскравому фоні фотосфери. Насправді вони також випромінюють світло, вивчення якого дало змогу визначити їх температуру. Вона нижча за температуру фотосфери, але все-таки дуже висока — близько 4500°. Це значить, що плями складаються з розжарених газів і являють собою лійкоподібні вихрові рухи.

Багато років астрономи спостерігали за плямами в телескоп і помітили, що число їх в різні роки буває різним. Рік, коли плям особливо багато, називається роком м а к с и м у м у п л я м. Потім число їх з кожним роком зменшується, і років через шість вони майже зовсім пропадають. Настає рік м і н і м у м у п л я м. У наступні роки кількість плям знову збільшується, а самі плями стають дедалі більші, і років через п'ять знову настає



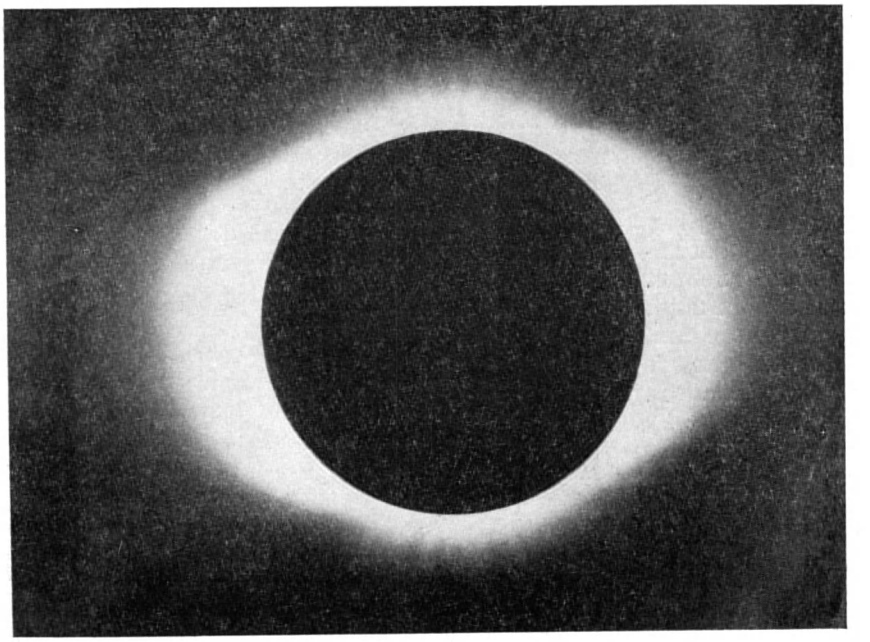
Вихори навколо сонячних плям.

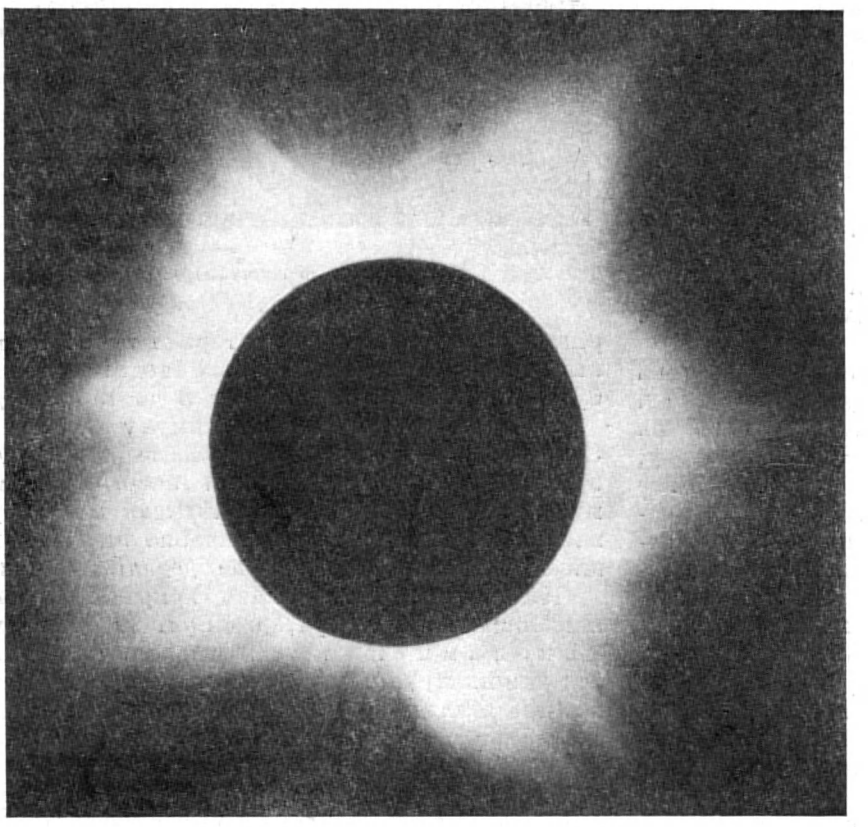
рік максимуму. Так це повторюється в середньому через кожні 11 років, але іноді проміжок буває менший і більший (від 8 до 15 років).

1947 рік був роком максимуму плям на Сонці; 1953—1954 роки — роками мінімуму, а 1957—1958 роки — роками нового максимуму темних плям на Сонці. Після мінімуму виникають нові плями — звичайно на високих широтах Сонця, а потім на дедалі нижчих.

Коло плям часто видно яскравіші, ніж навколишня фотосфера, ділянки. Їх назвали ф а к е л а м и. Вони іноді трапляються і в тих ділянках, де немає плям. Факели особливо помітні біля країв Сонця, де загальний фон фотосфери не такий яскравий. Очевидно, це гарячіші ділянки фотосфери.

Гранули, плями і факели знаходяться у фотосфері Сонця, над якою простягається сонячна атмосфера.





Форми сонячної корони під час повних затемнень.

СОНЯЧНА АТМОСФЕРА

Під час повних сонячних затемнень, коли вся фотосфера закрита місяцевим диском, навколо Сонця, біля самого його краю, видно кайму, яка світиться малопомітним червонуватим світлом. Це шар розжарених газів над фотосферою. За своє забарвлення його названо хромосферою[1]. Вона складається з безлічі вузьких виступів полум'я, окремих струменів, що перебувають у русі. У потужний телескоп хромосфера має вигляд трави, що горить у степу. Хромосфера простягається над фотосферою на висоту до 14 тис. *км*. Загалом вона нагріта так само, як фотосфера в своєму верхньому шарі. Часом у хромосфері спостерігаються блискучі спалахи поблизу сонячних плям, що наростають протягом кількох хвилин і потім загасають,— немов вибухи. Вони відзначаються дуже сильним випромінюванням, яке, досягаючи Землі, у великій мірі впливає на деякі явища в земній атмосфері.

В окремих місцях хромосфери під час затемнень можна бачити, як здимаються над нею червонуваті виступи газів, названі протуберанцями[2]. Астрономи, спостерігаючи протягом довгого часу Сонце, з'ясували, що протуберанці — це величезні струмені сонячної речовини, однакові за своїм складом з хромосферою.

---

[1] По-грецьки «хрома» — колір, фарба.

[2] Від латинського слова «протуберанс» — виступаючий, випнутий.

Астрономи встановили, що протуберанці змінюються по-різному: одні повільно, зберігаючись дні і місяці, другі — швидко. Нерідко вони здимаються над сонячною поверхнею на сотні тисяч кілометрів і незабаром зникають. Іноді протуберанці показуються високо над хромосферою і потім опускаються до неї. Деякі протуберанці зв'язані з темними плямами. Спостерігається також рух сонячної речовини від одного протуберанця до другого. Протуберанці можуть з'являтись на всій поверхні Сонця — від екватора до полюсів. Температура протуберанців 7000—10 000°, тобто вища від температури хромосфери (див. рис. стор. 376—377).

Кількість протуберанців на Сонці змінюється в середньому за той самий 11-річний період, як і число плям та факелів. У роки максимуму плям завжди більше і протуберанців.

Під час повних сонячних затемнень можна бачити не тільки червонувату хромосферу і вогненні язики—протуберанці, що з неї виступають, а й саму зовнішню оболонку Сонця, яка світиться слабким сріблястим світлом. Її називають к о р о н о ю. У різні роки сонячна корона має неоднаковий вигляд. Астроном О. П. Ганський (стор. 481) установив, що вигляд корони зв'язаний з кількістю плям на Сонці. У роки максимуму плям корона широко розкинута навколо Сонця, утворюючи немов світлий вінець. А в роки мінімуму плям корона витягнута вздовж екватора Сонця. Корона Сонця та його хромосфера випромінюють радіохвилі, які приймають на Землі за допомогою радіотелескопів.

Загалом усі явища на Сонці зв'язані між собою, а їх інтенсивність періодично посилюється і слабшає в середньому через кожні 11 років. Оскільки цей період не завжди однаковий, не можна заздалегідь точно завбачити настання максимумів і мінімумів явищ на Сонці та їх інтенсивність; треба весь час спостерігати за Сонцем і відмічати всі зміни, що на ньому відбуваються.

СКЛАД СОНЦЯ

З чого складається Сонце? Про це розповідає нам спектр сонячних променів.

Сонячні промені йдуть до нас від дуже гарячої фотосфери і проходять крізь гази сонячної атмосфери, з яких кожний хімічний елемент поглинає певні промені. Через те спектр сонячних променів і виходить у вигляді кольорової смуги з окремими темними лініями. На підставі цих ліній і визначили склад сонячної атмосфери (див. рис., стор. 376—377).

Виявилось, що на Сонці найбільше водню, а потім гелію. Відкрито там багато і інших хімічних елементів (кисень, кальцій, залізо, магній, натрій та ін.), але всі разом вони становлять дуже малу частку порівняно з воднем. На Сонці не виявлено ніяких хімічних елементів, крім тих, які є на Землі. Це вказує на те, що небесні тіла складаються з тих самих речовин, що й Земля. Але на різних небесних тілах речовина може перебувати в різних станах.

Корона у внутрішній частині являє собою надзвичайно розріджену хмару легких частинок, головним чином частинок електрики — електронів, що виділяються з нижчих шарів. Усі вони швидко рухаються в різних напрямах, але переважно в сторону від Сонця. Швидкість їх така ж велика, як у газу при температурі до мільйона градусів. У зовнішній частині корони до них домішані і частинки пилу, який носиться в міжпланетному просторі.

Астрономи багато зробили для вивчення різних явищ на Сонці, особливо під час повних сонячних затемнень. Адже ті кілька хвилин, протягом яких відбувається повне сонячне затемнення, є найкращим часом для спостерігання сонячної корони, хромосфери, протуберанців і багатьох інших явищ, що відбуваються на Сонці. А втім, тепер створено спеціальні прилади і методи, за допомогою яких можна досліджувати багато ділянок Сонця і без затемнень; збудовано і спеціальні сонячні обсерваторії.

У нашій країні над вивченням Сонця особливо успішно працюють Кримська астрофізична обсерваторія і Гірська сонячна станція Пулковської обсерваторії біля Кисловодська на Кавказі.

ЯК ЗМІНИ НА СОНЦІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЗЕМНІ ЯВИЩА

Вивчення історії Землі показує, що наша планета протягом мільярдів років одержувала від Сонця стільки ж тепла і світла, скільки одержує й тепер. Це значить, що за цей час кількість тепла і світла, що їх випромінює Сонце, істотно не змінювалась. Але всі зміни, що стаються в поверхневих шарах Сонця, позначаються на явищах, які відбуваються на Землі.

Жителям полярних країн добре відомі полярні сяйва. Вони особливо часто спостерігаються за полярними колами і становлять надзвичайно красиве видовище. Звичайно спершу виникає невелике свічення, часто з помітним забарвленням. Потроху воно стає яскравішим, і в ньому показуються смуги, що нагадують погойдливі завіси.

Явище полярних сяйв відбувається в атмосфері Землі на висоті від 100 *км* і вище. Найчастіше полярні сяйва бувають в роки максимумів плям на Сонці.

Ще 200 років тому М. В. Ломоносов, який сам багато разів любувався цими кольористими повітряними завісами, правильно підійшов до розуміння природи полярних сяйв. Він писав: «Дуже ймовірно, що північні сяйва спричинює електрична сила, яка виникає на повітрі».

Справа в тому, що Сонце не тільки випромінює промені світла, радіопромені, а й викидає частинки речовини, серед яких багато заряджених електрикою. Наближаючись до Землі, потоки частинок зосереджуються навколо магнітних полюсів Землі. Влітаючи з великою швидкістю в найбільш верхні, найбільш розріджені шари атмосфери, вони вдаряються об окремі частинки розрідженого повітря, спричинюють їх свічення і самі світяться. Ці потоки електрично заряджених частинок, як і всякий електричний струм, несуть з собою магнітні сили, які впливають і на магнетизм Землі. В результаті спостерігається коливання магнітної стрілки компаса, іноді дуже сильне, яке називається магнітною бурею. Тоді компас стає ненадійним дороговказом. У цей самий час іноді порушується телеграфний і телефонний зв'язок між далекими пунктами.

Вплив потоків частинок речовини, що несуться від Сонця до Землі, позначається і на поширенні радіохвиль: чутність гіршає іноді до такої міри, що доводиться припиняти радіоприймання, особливо на коротких хвилях. Це буває звичайно в періоди, коли на Сонці більше плям, факелів або яскравих спалахів.

Помічено ще, що в роки максимуму сонячних плям на Землі буває більше гроз. У цьому також проявляється дія потоків заряджених електричних частинок, що їх викидає Сонце.

Дуже важливо знати, як зміни на Сонці впливають на зміну погоди та на радіо. Для цього в Радянському Союзі і в інших країнах створено так звані Служби Сонця.

Вивчення сонячного випромінювання увійшло в програму наукових робіт і спостережень Міжнародного геофізичного року (1957—1958) і Міжнародного геофізичного співробітництва (1959). Ці роботи мають велике значення для кращого пізнання фізичних процесів, що відбуваються на Землі і Сонці.

З запуском штучних супутників Землі, космічних ракет і космічних кораблів виникла можливість дослідити сонячне випромінювання приладами, які встановлено в них для вловлювання тих променів, що вбираються нашою атмосферою і не доходять до Землі.

ЯКІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ

Звідки береться енергія Сонця, чи не остигає воно і чи довго ще даватиме Землі тепло і світло? Робилось багато різних припущень про джерела сонячної енергії. Але тільки нові відкриття фізики дали можливість це пояснити. Знаючи, що відбувається в зовнішніх шарах Сонця, і користуючись законами фізики, астрономи встановили, що в надрах Сонця температура близько 20 млн. градусів. В цих умовах відбувається складне перетворення найлегшого елемента — водню — у гелій. При цьому виділяється величезна кількість атомної енергії, якої цілком достатньо, щоб забезпечити випромінювання Сонця. А водню на Сонці дуже багато. Підраховано, що його вистачить ще на десятки мільярдів років. Тому нам не загрожує ніяка катастрофа через зменшення сонячного випромінювання.

СОНЯЧНІ УСТАНОВКИ (МАШИНИ)

Енергію сонячного проміння ми використовуємо головним чином через рослини (їжа, дрова, торф, кам'яне вугілля і т. д.). Учені з'ясували, що рослини засвоюють тільки близько $^1/_{100}$ частки енергії сонячного проміння, що падає на листя, а деякі й того менше.

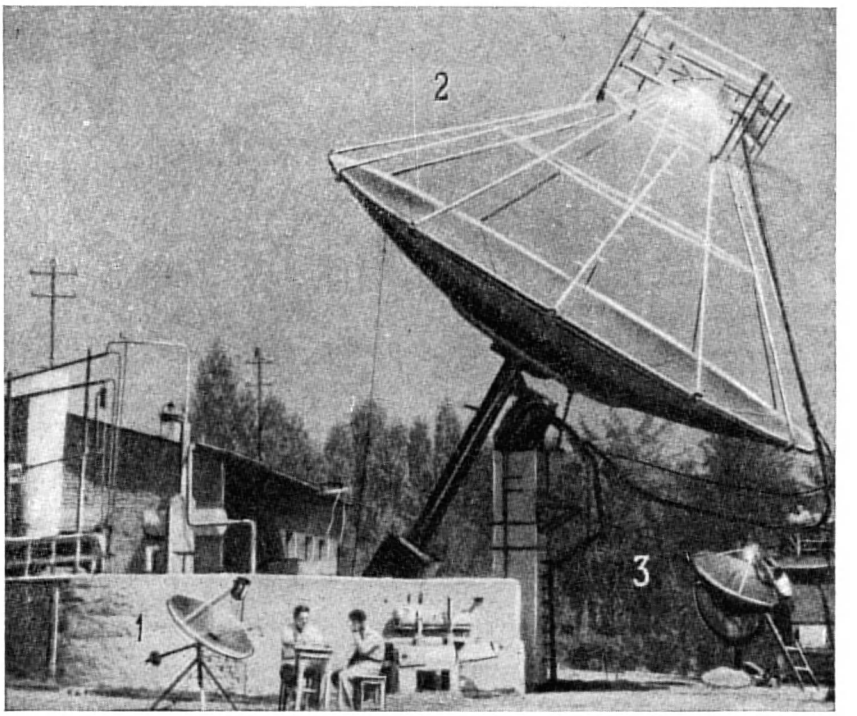
Цілком природно, постало питання, як безпосередньо вловити і використати цю енергію Сонця. Учені почали працювати над створенням так званих сонячних установок, або сонячних машин. Іноді вони складаються з великого угнутого дзеркала, яке ставлять прямо під сонячні промені. У фокусі дзеркала (точка, в якій збираються промені, відбившись від дзеркала) встановлюють, наприклад, котел з водою. Таким способом можна нагріти воду до кипіння.

Проте такі установки громіздкі для виробничої мети і недостатньо вигідні.

Другий спосіб безпосереднього використання сонячної енергії полягає ось у чому: беруть, наприклад, ящик із стінками, які погано проводять тепло. Стінки ящика зсередини покривають чорною фарбою, а зверху його прикривають склом. Сонячні промені пройдуть крізь скло всередину ящика і, поглинувшись чорними стінками, нагріють їх. Так усередині ящика скупчуватиметься тепло, яке затримується склом. Якщо налити в ящик води, то можна довести її до кипіння.

В СРСР сонячні водонагрівники спершу почали споруджувати в Ташкенті, застосовуючи кілька рядів стекол і особливо добру ізоляцію тепла. Тепер в Узбецькій РСР збудовано лазні, пральні і навіть кухні, що працюють на сонячних установках. Таким самим способом збудовано установки для сушіння фруктів та виплавляння сірки в ряді південних районів СРСР.

Паливні запаси Землі — торф, кам'яне вугілля, нафта та ін.— рано чи пізно будуть вичерпані. Через те сонячним установкам належить велике майбутнє. Проте вчені повинні ще багато працювати над їх удосконаленням.



Дослідний майданчик геліолабораторії Енергетичного інституту ім. Г. М. Кржижановського в Москві:
1 — сонячний кип'ятильник, *2* — сонячна установка з паровим котлом, *3* — установка, яка дає змогу добувати високі температури для зварювання та плавлення металу.

В Академії наук СРСР створено спеціальні лабораторії з геліотехніки — так називають тепер техніку безпосереднього використання енергії Сонця. Радянська наука шукає нові шляхи використання енергії Сонця для потреб Соціалістичної Батьківщини і всього трудящого людства.

СОНЯЧНІ І МІСЯЦЕВІ ЗАТЕМНЕННЯ

30 червня 1954 р. на території Кавказу, України та Білорусії спостерігалось повне сонячне затемнення. Ще задовго до цього дня газети і радіо широко оповістили населення нашої країни про майбутнє цікаве явище природи. Вчені Москви, Ленінграда, Казані і багатьох інших міст з'їхалися в смугу видимості сонячного затемнення. Вони привезли з собою дуже складні прилади.

І ось настав день затемнення Сонця.

Природа живе своїм звичайним життям. У синьому небі яскраво сяє Сонце. Ніщо не передвіщає майбутньої події. Але поступово сонячне світло починає слабшати. На правому краї Сонця з'являється ущерб. Він повільно збільшується, і сонячний диск набирає форми серпа, зверненого опуклістю вліво. Темрява згущається. Стає прохолодніше. Нарешті, останній сонячний промінь гасне, на всю навколишню місцевість лягає напівтемрява. Небо

За стародавніх часів сонячні затемнення нагонили жах. Люди намагались криками і грою на мувичних інструментах відігнати «потвору», що пожирає Сонце.
(Із старовинної гравюри).

набирає нічного вигляду, на ньому спалахують яскраві зірки. Уздовж горизонту утворюється кільце оранжового відтінку.

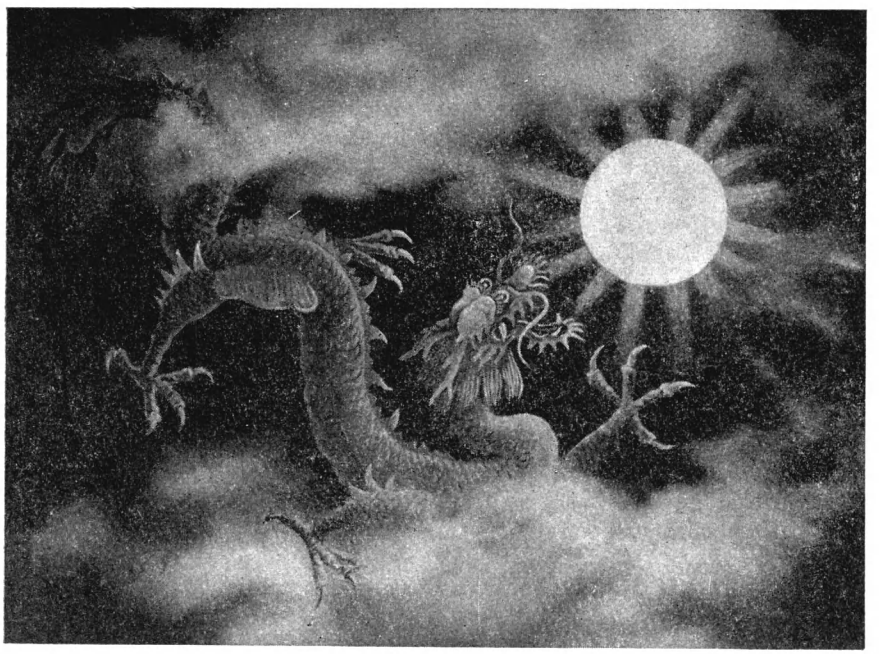
Це настало повне сонячне затемнення. На місці погаслого світила видно чорний диск, оточений сріблясто-перлистим сяйвом.

Налякані раптовою темрявою, тварини і птахи замовкають і поспішають сховатись на нічний спокій, багато рослин згортає листя; 2, 3, іноді 5 хвилин триває незвичайна темрява. Та ось праворуч з-за чорного диска показується край Сонця, і знову спалахують яскраві сонячні промені. У ту саму мить зникає сріблясто-перлисте сяйво, гаснуть зорі. Немов на світанку, співають півні, сповіщаючи про настання дня. Уся природа знову оживає.

Сонце знову набирає вигляду серпа, але тепер вже повернутого опуклістю в другий бік, як серп молодого Місяця. Серп збільшується, і вже через годину в небі все як звичайно.

Сонячне затемнення — дуже величне і красиве явище природи. Ніякої шкоди рослинам, тваринам і людині воно, звичайно, заподіяти не може.

Але не так міркували люди в далекому минулому. Явище сонячного затемнення відоме людині з давніх-давен. Коли наука тільки зароджувалась, людина не знала причини затемнень. Панічний страх нагонило на людей несподіване, таємниче зникнення променистого світила. У погасанні Сонця серед білого дня вони вбачали прояв невідомих, надприродних сил.

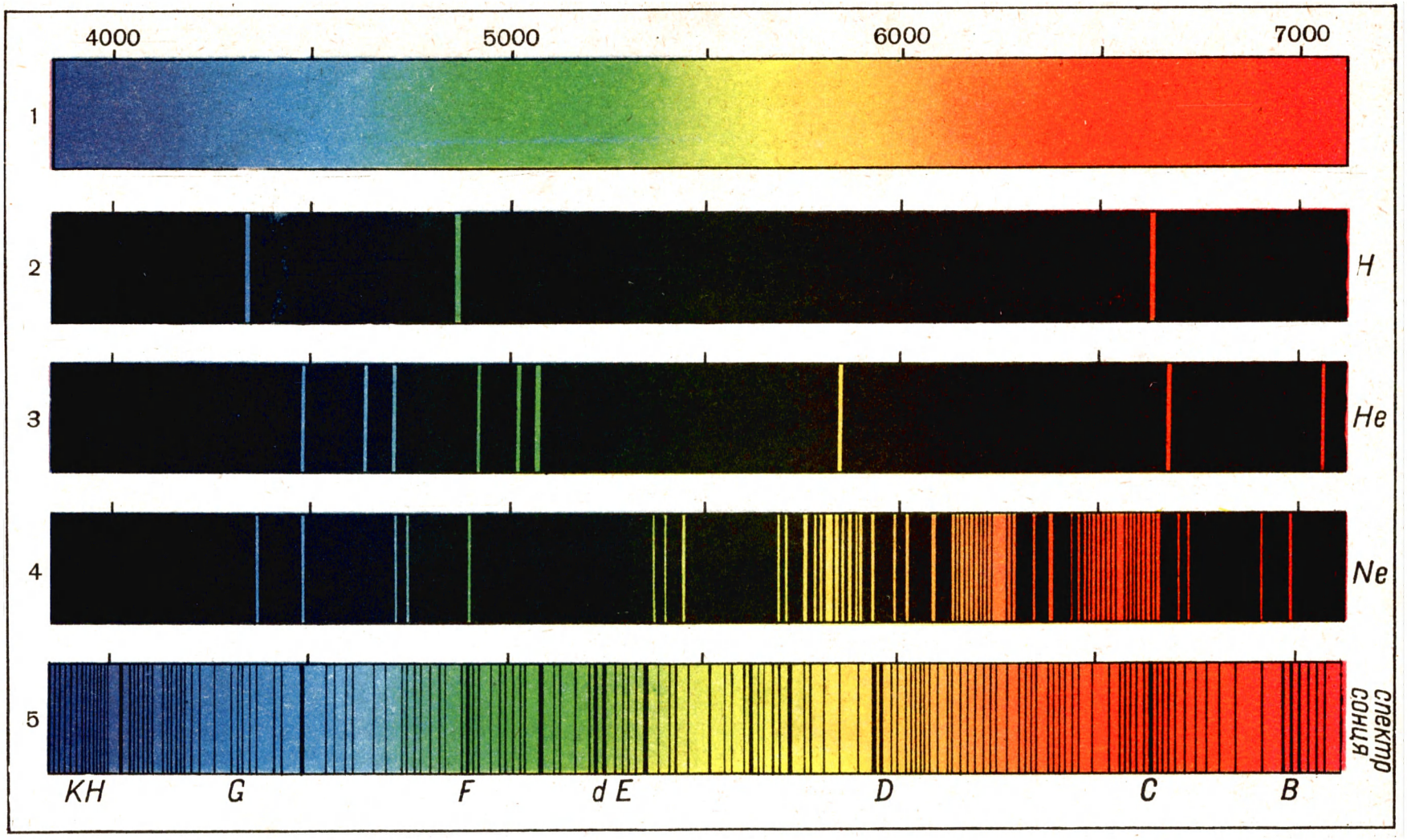


Затемнення Сонця за уявленням стародавніх китайців. Дракон пожирає Сонце.
(Із старовинного рисунка).

У східних народів існувало повір'я, що під час затемнення якась зла потвора — дракон — пожирає Сонце. У Стародавньому Китаї під час сонячних затемнень жителі, щоб відігнати дракона і визволити Сонце, били в барабани, зустрічали затемнення звуками гонга, дзвоном дзвіночків, співали молитов.

Відгомони цих колишніх уявлень людини можна було спостерігати і в порівняно

Протуберанці в сонячній короні.



Спектри деяких елементів порівняно із спектром Сонця.

недавній час. Так, у Туреччині під час затемнення 1877 р. перелякані жителі стріляли з рушниць у Сонце, бажаючи прогнати шайтана — злого духа, який, на їх думку, пожирав Сонце.

І навіть тоді, коли справжня причина сонячного затемнення була вже відома вченим, все-таки затемнення часто нагонило на населення страх. Люди вважали, що затемнення послав бог і воно передвіщає кінець світу, голод, яке-небудь нещастя. Ці забобонні уявлення сіяли серед народу служителі релігійних культів, щоб тримати народні маси в покорі.

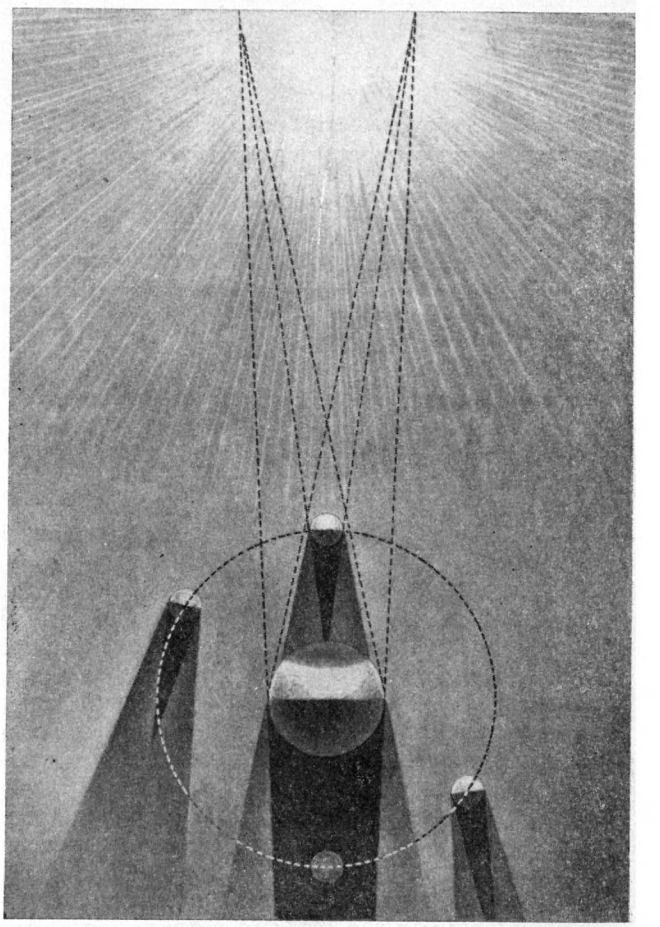
У руських літописах ми знаходимо численні згадки про затемнення. Так, в Іпатіївському літопису про затемнення, згадане в «Слові о полку Ігоревім», ми читаємо: «Святославич Игорь, внук Олегов, поеха из Новгорода месяца апреля в 23 день, во вторник, идяхуть тихо, сбираючи дружину свою. Идущим же им к Донцу реки, в год (в годину.— *Ред.*) вечерний Игорь, воззрев на небо, и виде Солнце стояще, яко месяц, и рече боярам своим и дружине своей: видите ли, что есть знамение се?»

У літопису описується затемнення 1185 р., яке було повним у Новгороді і Ярославлі. Князь Ігор із своєю дружиною був у цей час на р. Дінці, де затемнення було частковим. У літопису зазначається, що це затемнення стало причиною поразки Ігоря в битві з половцями.

Звичайно, не затемнення було причиною поразки Ігоря, а феодальна роздробленість Русі та міжусобиці серед князів. Через те половці легко могли перемагати нечисленні загони руських князів, що виступали нарізно.

І хоч літописці не розуміли справжніх причин затемнення, проте вони зробили науці неоціненну послугу, заносячи в літописи описи затемнень.

Значно пізніше, у 1887 р., письменник В. Г. Короленко спостерігав, як сонячне затемнення викликало великий страх серед жителів приволзького містечка Юр'євця. У своєму правдивому оповіданні «На затмении» Короленко змальовував неуцтво людей, заляканих і затурканих у царській Росії. Відтоді минуло лише кілька десятків років, і наша Батьківщина стала Радянською країною. Правильне, наукове пояснення явищ природи дійшло до найвіддаленіших куточків нашої Батьківщини. І тепер у нас навряд чи знайдеться така людина, в якої сонячне і місяцеве затемнення викликало б страх.



Загальна схема сонячного і місяцевого затемнень. У центрі — Земля, навколо по орбіті рухається Місяць.

Що ж таке сонячне затемнення?

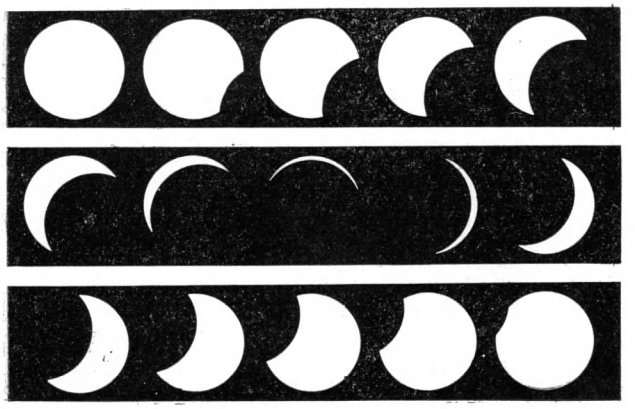
Нам часто доводиться спостерігати, як в ясний, сонячний день тінь від хмари, яку жене вітер, пробігає по Землі і досягає того місця, де ми перебуваємо. Хмара закриває Сонце. Тим часом інші місця поза цією тінню залишаються освітленими Сонцем.

Під час затемнення Місяць проходить між нами та Сонцем і закриває його від нас.

Розглянемо докладніше умови, при яких може настати затемнення Сонця.

Наша планета, Земля, обертаючись протягом доби навколо своєї осі, одночасно рухається навколо Сонця і за рік робить повний оборот. У Землі є супутник — Місяць. Місяць рухається навколо Землі і повний оборот робить за час близько місяця.

Взаємне розташування цих трьох небесних тіл весь час змінюється. Рухаючись



Фази часткового сонячного затемнення, яке спостерігалося в Москві 9 липня 1945 р.

навколо Землі, Місяць стає між Землею і Сонцем.

Місяць — темна непрозора тверда куля. Опинившись між Землею і Сонцем, він, наче величезна заслінка, закриває собою Сонце.

У цей час та сторона Місяця, яка звернена до Землі, буде темною, неосвітленою. Отже, сонячне затемнення може статись тільки під час новомісяччя. У повномісяччя Місяць проходить від Землі в стороні, протилежній Сонцю, і може потрапити в тінь, яку відкидає земна куля. Тоді ми спостерігатимемо місяцеве затемнення.

Середня віддаль від Землі до Сонця дорівнює 149,5 млн. *км*, а середня віддаль від Землі до Місяця — 384 400 *км*. Чим ближче предмет, тим більшим він нам здається.

Місяць порівняно з Сонцем ближче до нас майже в 400 раз, і в той же час його діаметр менший від діаметра Сонця також приблизно в 400 раз. Через те видимі розміри Місяця і Сонця майже однакові. Отже, Місяць може закрити Сонце.

Проте віддалі Сонця і Місяця від Землі не залишаються сталими, а дещо змінюються. Пояснюється це тим, що шляхи Землі навколо Сонця і Місяця навколо Землі не кола, а еліпси.

Із зміною віддалей між цими тілами змінюються і їх видимі розміри. Якщо в момент затемнення місяцевий диск буде більший від сонячного, Місяць цілком закриє собою Сонце, і затемнення буде **повним**. Коли ж під час затемнення Місяць буде найбільше віддалений від Землі, то він нам здаватиметься меншим і цілком закрити Сонце не зможе. Залишиться незакритим світлий обідок Сонця, який під час затемнення буде видно як яскраве тоненьке кільце навколо чорного диска Місяця. Таке затемнення називають **кільцеподібним**.

Здавалося б, сонячні затемнення повинні відбуватись щомісяця (кожне новомісяччя).

Якби Земля і Місяць рухались в одній площині, то в кожне новомісяччя Місяць справді бував би точно на прямій лінії, що з'єднує Землю і Сонце, і відбувалося б затемнення. Насправді ж Земля рухається навколо Сонця в одній площині, а Місяць навколо Землі — в іншій. Ці площини не збігаються. Тому часто під час новомісяччя Місяць проходить або вище від Сонця, або нижче.

Видимий шлях Місяця на небі не збігається з тим шляхом, по якому рухається Сонце. Ці шляхи перетинаються в двох протилежних точках, які називаються **вузлами місяцевої орбіти**. Поблизу цих точок шляхи Сонця і Місяця близько підходять один до одного. І тільки в тому випадку, коли новомісяччя відбувається поблизу вузла, воно супроводиться затемненням.

Затемнення буде повним або кільцеподібним, якщо в новомісяччя Сонце і Місяць перебуватимуть майже точно у вузлі. Якщо ж Сонце в момент новомісяччя опиниться на деякій відстані від вузла, то центри місяцевого і сонячного дисків не збіжаться і Місяць закриє Сонце лише частково. Таке затемнення називається **частковим**.

Місяць переміщається серед зір з заходу на схід. Тому закривання Сонця Місяцем починається з його західного, тобто правого, краю. Ступінь закриття називається в астрономії **фазою затемнення**.

Щороку буває не менше двох сонячних затемнень. Так було в 1952 р.: 25 лютого — повне, яке можна було спостерігати в Африці, Ірані, СРСР, 20 серпня — кільцеподібне, яке спостерігалось в Південній Америці. А от у 1935 р. було п'ять сонячних затемнень. Це найбільше число затемнень, яке може бути протягом одного року.

Важко уявити собі, щоб затемнення відбувалися так часто: адже кожному з нас спостерігати затемнення доводиться дуже рідко. Пояснюється це тим, що під час сонячного затемнення тінь від Місяця падає на Землю. На Землі ця тінь має форму майже круглої плями, поперечник якої може досягати щонайбільше 270 *км*. Ця пляма покриє лише дуже малу частку земної поверхні. У даний момент тільки на цій частині Землі буде видно повне сонячне

затемнення. Тінь Місяця рухається відносно Землі із швидкістю 1 *км/сек*, тобто швидше від рушничної кулі. Малі розміри тіні і велика швидкість її руху приводять до того, що тінь не може закрити надовго якесь одне місце на земній кулі.

Повне сонячне затемнення не може тривати більш як 8 хвилин. У цьому столітті найбільша тривалість затемнень була в 1955 р. і буде в 1973 р. (не більш як 7 хвилин).

Місяцева тінь, рухаючись по Землі, описує вузьку, але довгу смугу, на якій послідовно спостерігається повне сонячне затемнення. Протяжність смуги повного сонячного затемнення досягає кількох тисяч кілометрів. І все ж площа, що покривається тінню, буде незначною порівняно з усією поверхнею Землі. Крім того, у смугу повного затемнення часто потрапляють океани, пустині та малонаселені райони Землі.

Навколо плями місяцевої тіні утворюється ділянка напівтіні, де затемнення буває частковим. Поперечник ділянки напівтіні дорівнює близько 6—7 тис. *км*. Для спостерігача, який перебуватиме поблизу краю цієї ділянки, лише зовсім незначна частка сонячного диска покриється Місяцем. Таке затемнення може взагалі пройти непоміченим.

Чи можна завбачити настання затемнення?

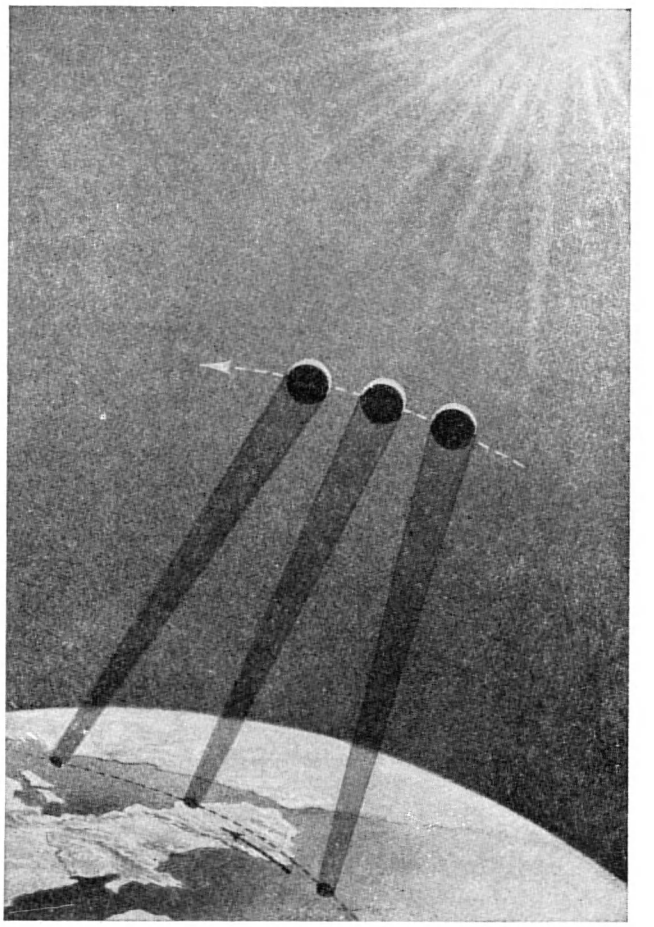
Учені ще в глибокій давнині встановили, що через 6585 днів 8 годин, що становить 18 років 11 днів 8 годин, затемнення повторюється. Пояснюється це тим, що саме через цей проміжок часу розташування в просторі Місяця, Землі та Сонця повторюється. Цей проміжок названо с а́ р о с о м, що означає «повторення».

Протягом одного саросу в середньому буває 43 сонячних затемнення, з них 15 часткових, 15 кільцеподібних і 13 повних. Додаючи до дат затемнень, що спостерігалися протягом одного саросу, 18 років 11 днів і 8 годин, ми зможемо завбачити настання затемнень у майбутньому.

25 лютого 1952 р. сталося сонячне затемнення. Ми легко визначимо, що воно повториться 7 березня 1970 р., потім 18 березня 1988 р. і т. д. (див. табл. на стор. 526).

Проте в саросі міститься не ціле число днів, а 6585 днів і 8 годин. За ці 8 годин Земля повернеться на третину оберту і буде звернена до Сонця вже другою своєю стороною. Тому наступне затемнення буде в іншому районі Землі.

Так, смуга затемнення 1952 р. пройшла через Центральну Африку, Аравію, Іран,



Рух кінця місяцевої тіні по Землі.

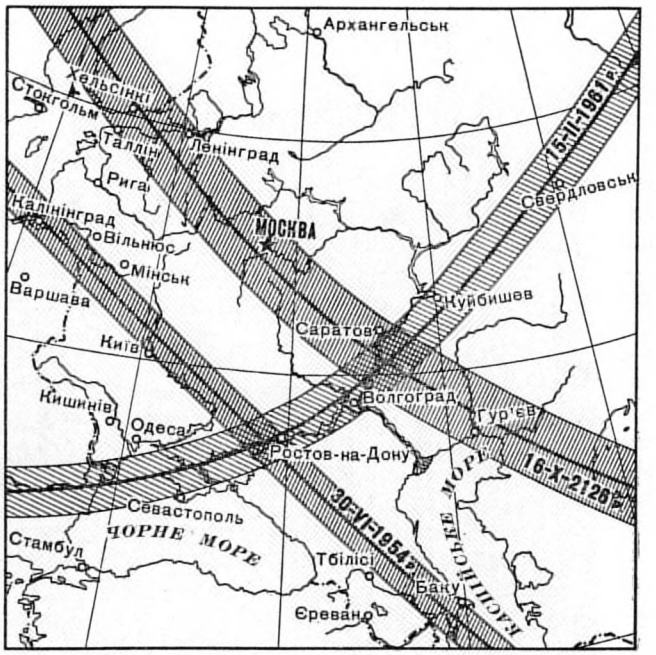
СРСР. А затемнення 1970 р. спостерігатимуть як повне тільки жителі Мексіки і Флоріди.

В одному й тому самому місці Землі повне сонячне затемнення спостерігається один раз за 250—300 років.

Як бачите, завбачити день затемнення дуже легко. Завбачення точного часу його настання та умов його видимості — важке завдання; щоб розв'язати його, астрономи протягом кількох століть вивчали рух Землі і Місяця. Тепер затемнення завбачають дуже точно. Помилка в завбаченні моменту настання не перевищує 2—4 секунд.

Найвидатніший в світі спеціаліст щодо визначення наперед затемнень — директор Пулковської обсерваторії проф. О. О. Михайлов.

Точним обчисленням можна відновити час і умови видимості якого-небудь затемнення, що відбувалося в тій чи іншій місцевості за



Карта видимості деяких повних сонячних затемнень.

стародавніх часів. Якщо це затемнення зіставлено в літопису з якою-небудь історичною подією, то ми можемо визначити дату цієї події. Стародавній історик Геродот вказував, що під час битви між лідійцями і мідянами відбулося повне сонячне затемнення. Воно так вразило противників, що поклало край війні. Історики вагалися щодо часу цієї події, відносячи її на час між 626 і 583 рр. до н. е., але астрономічне обчислення точно показує, що затемнення відбувалося 28 травня 585 р. до н. е. Установлення точної дати цієї битви пролило світло і на хронологію деяких інших історичних подій. Так астрономи подали велику допомогу історикам.

Астрономи обчислили умови видимості сонячних затемнень на багато років уперед. Найближче повне сонячне затемнення, яке буде видно на території Нової Гвінеї, відбудеться 5 лютого 1962 р.

Сонце має вирішальне значення для життя нашої планети, і тому детальне вивчення його будови є дуже важливе завдання.

Під час повного сонячного затемнення можна спостерігати зовнішні шари Сонця, його атмосферу — хромосферу і корону. Сонячна корона — це те чудове сріблясто-перлисте променисте сяйво, яке можна бачити, коли чорний диск Місяця закриває собою сліпучо яскраву поверхню Сонця. У звичайний час яскраве сонячне світло заважає спостерігати малопомітне сяйво корони. Внутрішня частина корони — яскравіша, зовнішня — менш яскрава, її промені досягають у довжину діаметра Сонця і навіть перевищують його.

Але затемнення тривають лише кілька хвилин. Щоб краще вивчити їх, астрономи широко використовують фотографію. Для спостерігання затемнень Сонця астрономам доводиться вирушати в далекі експедиції. Так, наприклад, у 1947 р. експедиція радянських астрономів і фізиків їздила спостерігати затемнення до Бразілії.

У нашій країні астрономам, як і всім ученим, надано величезні можливості для розвитку науки. У спостереженні затемнення 1936 р. брало участь 28 експедицій. Смуга повної фази цього затемнення пролягала від берегів Чорного моря до Далекого Сходу. Місяцева тінь пройшла цю віддаль за дві години. Значить, коли розмістити експедиції вздовж смуги затемнення, то на фотографіях, знятих різними експедиціями, будуть зафіксовані всі зміни, які відбудуться за цей час у короні Сонця. Так і зробили, спостерігаючи затемнення. А щоб зручніше було порівнювати знімки, сфотографовані в різний час, використовували цілком однотипні прилади — стандартні коронографи — фотографічні камери, за допомогою яких знімки Сонця і корони виходять у великому масштабі.

Підготовку до затемнення 25 лютого 1952 р. було проведено під керівництвом спеціальної комісії для спостереження сонячного затемнення при Академії наук СРСР.

Більш як 10 експедицій з'їхалося в смугу повного затемнення, яка проходила від Ашхабада до озера Балхаш. Так само спостерігали затемнення і в 1954, і в 1961 рр.

Під час затемнення вчені цілком віддаються роботі біля своїх інструментів: провадять усі операції з фотоапаратами, заміняють світлофільтри, записують покази приладів і часто не мають можливості навіть глянути на небо.

А тим часом навколо розкривається незвичайна за своєю красою картина, яка лишає незабутнє враження. Сонячне затемнення супроводиться рядом дуже цікавих явищ в навколишній природі. У міру того як зменшується світний серп Сонця, тіні від різних предметів стають дедалі різкішими. Коли Сонце матиме вигляд вузького серпа, у предметів, розміщених паралельно серпу, тіні будуть особливо

різкі, а напівтіні майже не буде. При інших положеннях предметів відносно серпа Сонця тіні будуть несиметричні (це легко помітити по тіні від розчепірених пальців руки).

За кілька десятків секунд до моменту повного затемнення, а також після його закінчення по поверхні Землі проносяться хвилеподібні так звані «біжучі тіні», які нагадують брижі на воді. Це струминки повітря, освітлені тонким, але яскравим пучком сонячного проміння.

У самий момент затемнення кругом по горизонту спостерігається червонувато-оранжове сяйво, яке називається загравним кільцем.

Дуже цікаво спостерігати за поведінкою тварин під час затемнення: вони поводять себе незвичайно, проявляють неспокій. Так, наприклад, помічалось, що під час затемнення 1936 р. полівки, замість того щоб ховатись, коли наближалась людина, в замішанні кидались до неї, ніби шукаючи захисту. Явище сонячного затемнення може дати багатий матеріал для спостережень юним любителям природи.

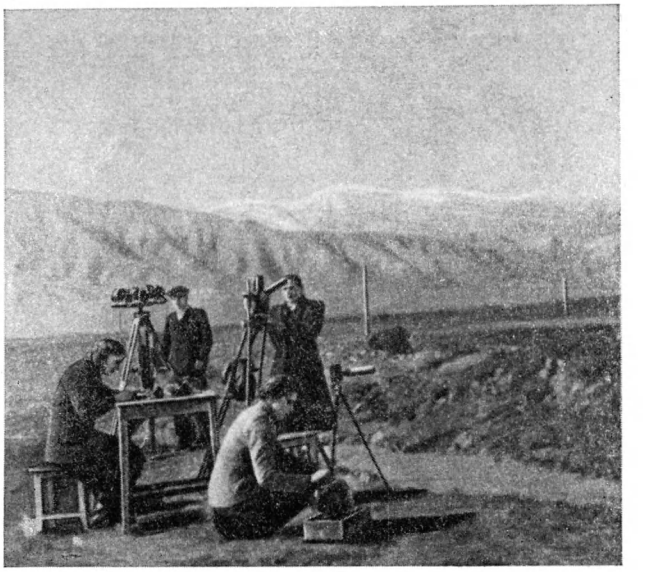
Якщо вам коли-небудь випаде нагода спостерігати повне сонячне затемнення, не пропустіть його. Тільки пам'ятайте: дивитись на Сонце під час часткової фази простим оком або в бінокль не слід, можна зіпсувати зір. Дивитись треба крізь закопчене скло або проявлену на повному світлі фотографічну пластинку. А на сонячну корону можна дивитись без усяких стекол, але її краще видно в бінокль.

До незвичайних небесних явищ належать також місяцеві затемнення. Відбуваються вони так: повний світний круг Місяця починає темнішати біля свого лівого краю, на місяцевому диску показується кругла бура тінь, яка посувається все далі й далі і приблизно через годину покриває весь Місяць. Місяць меркне і стає червоно-бурого кольору.

Місяцеві затемнення, як ми уже говорили, виникають внаслідок того, що під час повномісяччя між Місяцем і Сонцем стає Земля. Сонячні промені перехоплюються Землею і на Місяць не потрапляють.

З тієї самої причини, з якої сонячні затемнення бувають не кожне новомісяччя, місяцеві затемнення відбуваються не кожне повномісяччя. Найбільше число місяцевих затемнень на рік — три, але бувають роки зовсім без затемнень; таким був, наприклад, 1951 рік.

Діаметр Землі більший від діаметра Місяця майже в 4 рази, а тінь від Землі навіть на віддалі Місяця більш як у 2½ раза перевищує



Експедиція, яка спостерігала сонячне затемнення 25 лютого 1952 р.

розміри супутника Землі. Місяць може цілком зануритись у земну тінь. Повне місяцеве затемнення далеко триваліше від сонячного: воно може тягтися 1 годину 40 хвилин.

Місяцеві затемнення повторюються через той самий проміжок часу, що й сонячні. Протягом цього проміжку, що триває 18 років 11 днів 8 годин (сарос), буває 28 місяцевих затемнень, з них 15 часткових і 13 повних. Як бачите, число місяцевих затемнень у саросі значно менше, ніж сонячних, і все-таки місяцеві затемнення можна спостерігати частіше від сонячних. Це пояснюється тим, що коли Місяць занурюється в тінь Землі, його не можна бачити одночасно на всій тій половині Землі, яка не освітлена Сонцем.

При місяцевому затемненні Місяць не зникає цілком, як Сонце під час сонячного,— невелика видимість лишається. Пояснюється це тим, що частина сонячних променів проходить крізь земну атмосферу, заломлюється в ній і входить всередину земної тіні, потрапляючи і на Місяць.

Оскільки повітря пропускає переважно червоні промені, то Місяць набуває під час затемнення мідно-червоного або бурого відтінку.

У минулому місяцеві затемнення також нагонили страху. Вони вважалися поганою прикметою. Як сонячні, так і місяцеві затемнення не вимагають для свого пояснення ніяких надприродних сил; наука розкрила справжню причину цих явищ.

ПЛАНЕТИ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

ДАЛЕКІ «ЗЕМЛІ»

З найдавніших часів люди знали ті особливі світила на небі, які називаються планетами. Зовні вони схожі на зорі, але відрізняються від них тим, що безперервно мандрують по небу, переміщаючись з одного сузір'я в інше. Шляхи їх складні. Якщо нарисувати на зоряній карті шлях якої-небудь планети, то вийде лінія з якимись неправильними петлями та вигинами. Планета рухається спочатку справа наліво все вперед і вперед. Потім зупиняється і, зачекавши трохи, повертає назад. Пройшовши трохи в зворотний бік, вона знову йде вперед і рухається дедалі швидше до нової зупинки.

Стародавні вчені наполегливо прагнули розгадати цей дивний рух планет, але не змогли цього зробити. Ми тепер знаємо, що їх спроби були невдалі через те, що вони помилково вважали Землю нерухомим центром всієї світобудови.

Земля сама є однією з планет і обертається навколо Сонця. Можна сказати, що планети— це другі «землі». Рух планет на небі здається нам примхливим через те, що, дивлячись на них, ми в той же час рухаємось разом з Землею.

І справді, Сонце разом з планетами та супутниками планет становить сонячну, або планетну, систему. Шлях кожної планети — приблизно коло, по якому ця планета обходить Сонце. У кожної планети є свій шлях, або своя орбіта, як кажуть астрономи.

Чим ближче планета до Сонця, тим менша її орбіта, тим коротший той шлях, який їй доводиться пробігати. Крім того, близька від Сонця планета рухається по своєму шляху швидше, ніж далека; через те й час обертання планети навколо Сонця тим коротший, чим ближче вона до Сонця.

Помітивши планети дуже давно, люди придумали для них назви, які збереглися до наших днів. Не розуміючи справжньої причини рухів планет, люди пояснювали їх рухи бажаннями та примхами тих богів, яким самі в той час поклонялись. Через це планетам дали імена богів та богинь з релігійних казок — міфів. Так потрапили на сторінки сучасних наукових книжок з астрономії такі імена старогримських богів, як Меркурій — бог торгівлі, Венера — богиня красоти, Марс — бог війни та ін.

Планети подібні до Землі не тільки за своїм місцем у сонячній системі, а й за своїм рухом. Вони природою своєю багато в чому схожі на земну кулю. Тепер ми знаємо, що на багатьох планетах, як і на Землі, є атмосфера і хмари. На деяких планетах можливе існування життя.

МЕРКУРІЙ — СВІТ СПЕКИ І ХОЛОДУ

Вивчення планет ми почнемо з тієї з них, яка перебуває найближче до Сонця. Її називають Меркурій. Свою коротку орбіту Меркурій оббігає за 88 днів. Значить, рік на ньому коротший за наші три місяці.

Меркурій — яскраве світило, але побачити його на небі не так просто. Справа в тому, що Меркурій знаходиться поблизу Сонця і ми його завжди бачимо недалеко від сонячного диска, від якого він відходить то вліво (на схід), то вправо (на захід) тільки на невелику віддаль, яка не перевищує 28°. Тому його можна побачити тільки в ті дні року, коли він відходить від Сонця на найбільшу віддаль.

Нехай, наприклад, Меркурій відійшов від Сонця ліворуч. Сонце і всі світила в своєму добовому русі пливуть по небу зліва направо. Через те спочатку заходить Сонце, а через годину з чимось заходить і Меркурій. От протягом цієї години, яка проходить між заходом Сонця і Меркурія, і треба шукати цю планету низько над західним горизонтом. Погано те, що небо в цей час на заході світле — на ньому вечірня заграва. Тому на півночі СРСР, наприклад у Ленінграді, де вечірня заграва палає години з дві, знайти Меркурій вдається дуже рідко. Інша справа на півдні: там сутінки короткі, вечірня заграва гасне швидко і Меркурій часто вдається побачити на вже потемнілому небі.

Якщо розглядати Меркурій у потужний телескоп, то замість зірочки він матиме вигляд маленького Місяця, а обриси його нагадуватимуть або вузький серпок, або півкруг. Пояснюється це тим самим, що й зміна фаз Місяця. Меркурій — темна куля, власного світла він не дає і сяє на небі внаслідок відбивання від

нього сонячних променів. На тій половині Меркурія, яка звернена до Сонця,— день, на другій — ніч. Ми бачимо тільки освітлену частину планети.

Діаметр Меркурія в 2½ раза менший від діаметра Землі і в 1½ раза більший від діаметра Місяця.

Вимірювання яскравості світла показують, що поверхня Меркурія вкрита якимись темними зритими кам'яними породами коричнюватого відтінку.

У потужний телескоп на Меркурії можна побачити темні плями, що мають приблизно такий самий вигляд, як «моря» Місяця для неозброєного ока. Спостерігаючи за цими плямами, учені встановили одну важливу особливість. Рухаючись по своєму шляху навколо Сонця, Меркурій водночас повертається навколо своєї осі так, що до Сонця завжди звернена одна й та сама його половина. Це значить, що на одній стороні Меркурія завжди день, а на другій — завжди ніч.

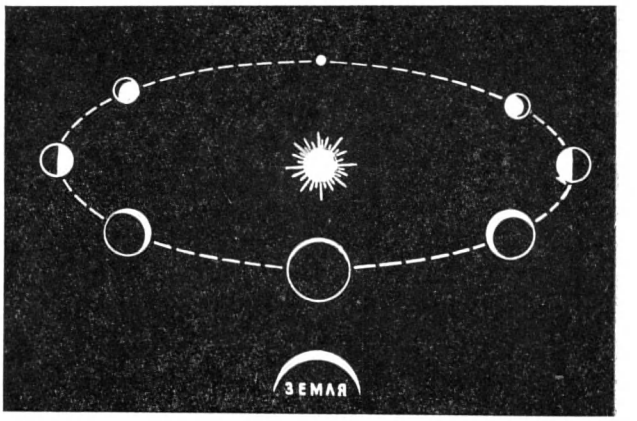
Меркурій далеко ближче до Сонця, ніж Земля. Через те Сонце на ньому світить і гріє в 7 раз дужче, ніж у нас. На денній стороні Меркурія страшенно жарко, там вічне пе́кло. Вимірювання показують, що температура там піднімається до 400° вище від нуля. Зате на нічній стороні має бути завжди лютий мороз, який, певно, доходить до 200° і навіть до 250° нижче від нуля.

На такій планеті не може бути ні океанів, ні атмосфери. Справді, найпильніші спостереження не виявили на Меркурії ніяких ознак повітряної оболонки.

Отже, Меркурій — це царство пустинь. Одна його половина — гаряча кам'яна пустиня, друга — льодова пустиня, може, вкрита замерзлими газами.

«ВЕЧІРНЯ ЗОРЯ» — ВЕНЕРА

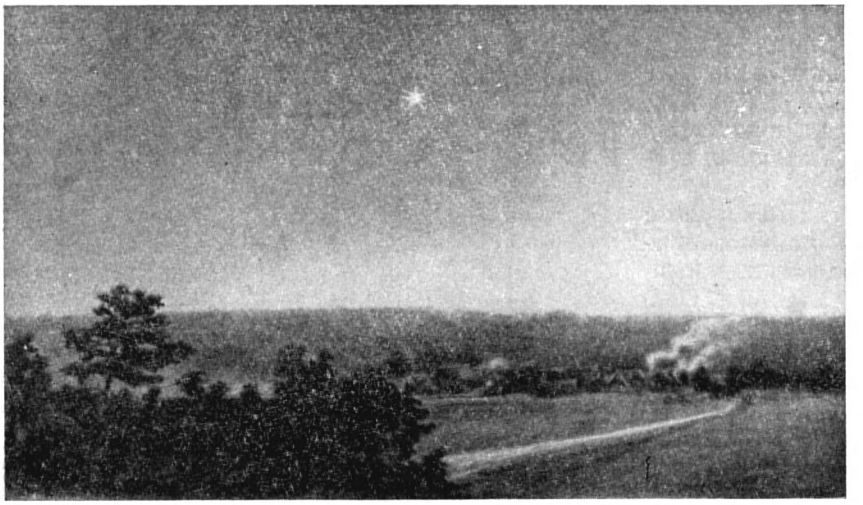
Друга від Сонця планета — Венера. У протилежність Меркурію, знайти її на небі дуже легко. Кожному доводилось помічати, як іноді ввечері на зовсім ще світлому небі загоряється «вечірня зоря». У міру того як гасне заграва, Венера стає дедалі яскравішою, а коли зовсім стемніє і покажуться інші зорі, вона різко виділяється серед них. Але світить Венера недовго. Минає година-друга, і вона заходить. Серед ночі вона не показується ніколи, та зате буває час, коли її можна бачити ранками, перед світанком, у ролі «ранішньої зорі». Вже зовсім розвидниться, давно зникнуть всі інші зорі, а Венера все світить і світить на яскравому фоні зірниці.



Фази Меркурія.

Люди знали Венеру з незапам'ятних часів. З нею було зв'язано безліч легенд та повір'їв. У старовину вважали, що це два різних світила: одне з'являється вечорами, друге —

Гаданий вигляд поверхні Меркурія.



Венера на вечірньому небі.

ранками. Потім догадались, що це одне й те саме світило, красуня неба, «вечірня і ранішня зоря» — Венера. «Вечірню зорю» не раз було оспівано поетами і композиторами, змальовано в творах великих письменників, зображено на картинах знаменитих художників.

За силою блиску Венера є третім світилом неба, коли першим вважати Сонце, а другим Місяць. Не дивно, що її можна іноді побачити і вдень — у вигляді білої точки на небі.

Орбіта Венери лежить всередині земної орбіти, і вона оббігає навколо Сонця за 224 дні, або 7 ½ місяця. У тому, що Венера ближче до Сонця, ніж Земля, і лежить причина особливостей її видимості. Як і Меркурій, Венера може відійти від Сонця тільки на певну віддаль, яка не перевищує 46°. Через те вона заходить не пізніше, ніж через 3—4 години після заходу Сонця, і сходить не раніше, як за 3—4 години до настання ранку.

Вже в найслабший телескоп видно, що Венера не точка, а куля, одна сторона якої освітлюється Сонцем, тоді як друга поринула в темряву.

День у день стежачи за Венерою, можна помітити, що вона, як Місяць і Меркурій, проходить усю зміну фаз.

Венеру звичайно легко розгледіти в польовий бінокль. Бувають люди з таким гострим зором, що вони бачать серпок Венери навіть неозброєним оком. Пояснюється це двома причинами: по-перше, Венера порівняно велика, вона лише трохи менша від земної кулі; по-друге, вона в певних положеннях підходить до Землі близько, так що віддаль до неї зменшується з 259 до 40 млн. *км*. Це найближче до нас велике небесне тіло після Місяця.

У телескоп Венера здається дуже великою, далеко більшою, ніж Місяць для неозброєного ока. Здавалося б, на ній можна розглянути багато різних подробиць, наприклад, гори, долини, моря, річки. Насправді це не так. Хоч скільки розглядали астрономи Венеру, їх завжди чекало розчарування. Видима поверхня цієї планети завжди біла, одноманітна і на ній нічого не видно, крім невиразних тьмяних плям. Чому це так? Відповідь на це питання дав великий російський учений М. В. Ломоносов.

Венера ближче до Сонця, ніж Земля. Через те іноді вона проходить між Землею і Сонцем, і тоді її можна побачити на фоні сліпучого сонячного диска у вигляді чорної точки. Правда, це буває дуже рідко. Останній раз Венера проходила перед Сонцем в 1882 р., а наступний раз пройде в 2004 р.

Проходження Венери перед Сонцем у 1761 р. спостерігав у числі багатьох інших учених М. В. Ломоносов. Уважно стежачи в телескоп за тим, як темний кружечок Венери показується на вогненному фоні сонячної поверхні, він помітив нове, до того нікому не відоме явище. Коли Венера покрила диск Сонця більше, ніж на половину свого поперечника, навколо решти кулі Венери, яка перебувала ще на темному фоні неба, враз виник вогненний обідок, тонкий, як волосина. Те саме було видно й тоді, коли Венера сходила з сонячного диска. Ломоносов прийшов до висновку, що вся справа в атмосфері — шарі газу, який оточує Венеру. У цьому газі сонячні промені заломлюються, обходять непрозору кулю планети і з'являються для спостерігача у вигляді вогненного обідка. Підсумовуючи свої спостереження, Ломоносов писав:

«Планета Венера оточена знатною повітряною атмосферою...»

Це було дуже важливим науковим відкриттям. Коперник довів, що планети за своїм рухом схожі на Землю. Галілей першими спостереженнями в телескоп установив, що планети —

це темні, холодні кулі, на яких буває день і ніч. Ломоносов довів, що на планетах, як і на Землі, може бути повітряний океан — атмосфера.

Повітряний океан Венери багато в чому відрізняється від нашої, земної атмосфери. У нас бувають хмарні дні, коли в повітрі плаває суцільний непрозорий покрив хмар, але буває й ясна погода, коли крізь прозоре повітря удень світить Сонце, а вночі видно тисячі зір. Тим часом на Венері завжди похмуро. Її атмосфера весь час затягнута білим хмарним покривом. Його ми й бачимо, розглядаючи Венеру в телескоп.

А тверда поверхня планети недоступна для спостережень: вона ховається за густою хмарною атмосферою.

А що ж може бути під цим хмарним покривом, на самій поверхні Венери? Чи є там материки, моря, океани, гори, річки? Цього ми ще не знаємо. Хмарний покрив не дає можливості розглянути будь-які подробиці на поверхні планети і з'ясувати, як швидко вони переміщаються внаслідок обертання планети. Тому нам лише в 1961 р. пощастило встановити, з якою швидкістю обертається Венера навколо осі. Про цю планету ми можемо лише сказати, що на ній дуже тепло, далеко тепліше, ніж на Землі, бо вона ближче до Сонця. І ще встановлено, що в атмосфері Венери багато вуглекислого газу. Що ж до всього іншого, то розповісти про це зможуть тільки майбутні дослідники.

ЗЕМЛЯ

Після Венери щодо віддаленості від Сонця йде Земля. На цій планеті живемо ми з вами і для її вивчення не треба вдаватись до величезних телескопів. Тому природу Землі вивчають і описують не астрономи, а географи. Проте Земля — теж світило. Якою б вона здавалась спостерігачеві, коли б той перебував на іншому небесному тілі?

Якщо дивитись з Місяця, Земля здаватиметься великим диском, поперечник якого майже в 4 рази перевищуватиме місяцевий диск, що його видно з Землі. Адже справжній, або лінійний, діаметр Землі майже в 4 рази перевищує поперечник Місяця.

Земля для місяцевого спостерігача проходить таку саму зміну фаз, яку ми знаємо для Місяця. Інакше й бути не може, оскільки нічна сторона земної кулі темна, а денна — світла. У часі «земні фази» точно протилежні місяцевим. Коли ми любуємося повним Місяцем, до Місяця буває звернена темна половина Землі, тобто настає момент «новоземля». Коли у нас новомісяччя, на Місяці настає «повноземля» і Землю з Місяця видно як повністю освітлений диск. Світло повної Землі на Місяці приблизно в 100 раз сильніше, ніж місяцеве світло у нас. У тому, що це так, можна було упевнитись, вимірюючи яскравість попелястого світла на Місяці, яке якраз і утворюється внаслідок земного освітлення на темній стороні місяцевого диска.

Така сила земного освітлення зумовлена двома причинами: по-перше, Земля більша, і тому її диск щодо площі в 14 раз більший від місяцевого; по-друге, Земля краще відбиває сонячні промені, бо має світліше забарвлення. Це, в свою чергу, пояснюється тим, що на Місяці немає ніякої атмосфери, а на Землі є.

Якщо дивитись на Землю з Місяця, то вона буде зовсім не схожа на ті глобуси, до яких ми звикли в школі. Замість обрисів материків та океанів, які так барвисто розмальовані на глобусах, на більшій половині диска Землі спостерігатиметься примхливий і мінливий візерунок якихось білих плям. Ці плями — не що інше, як хмари, що закривають від стороннього погляду розташовану під ними місцевість. У проміжках між ними можна буде розглядіти обриси берегів, контури пустинь, лісів і особливо снігів, проте й там все це буде видно не особливо чітко через блакитний повітряний серпанок. Цей серпанок добре відомий усім, хто з високого місця любувався далями, усім пілотам, які літають на великих висотах; утворюється він від сильного відбивання блакитних променів шарами повітря, в яких розсіюється сонячне світло. Оце повітряно-хмарне убрання є причиною того, що Земля відбиває в простір 40—50% сонячних променів, тоді як Місяць відбиває менше 7% (див. рис., стор. 366—367).

Якщо дивитись на Землю з Венери або Марса, то вона здаватиметься дуже яскравою зорею трохи голубуватого відтінку.

Недалеко від неї неозброєним оком можна буде розглядіти Місяць.

«ЧЕРВОНА ЗОРЯ» — МАРС

Найближчий сусіда Землі з боку, протилежного до Сонця, цікавий своїм червоним кольором, що нагадує вогонь. Певно, за цей колір стародавні римляни дали планеті назву бога війни Марса.

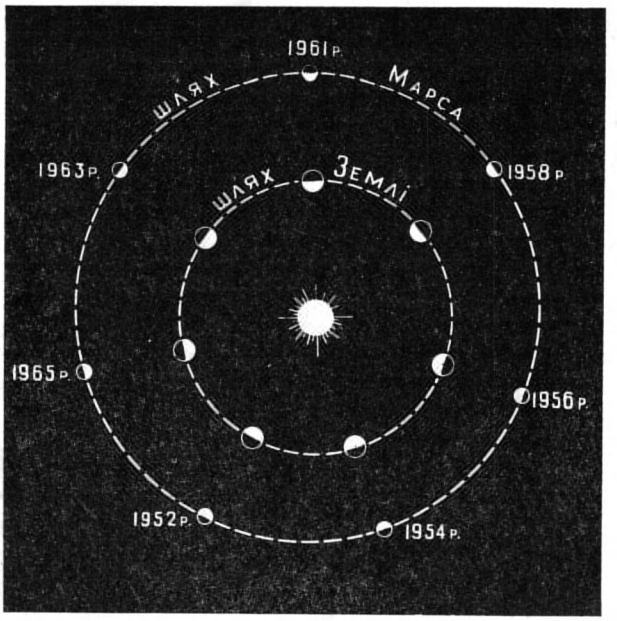


Схема розташування Землі і Марса при найближчих протистояннях.

Марс перебуває від Сонця в середньому на віддалі 228 млн. *км*. Весь свій шлях навколо Сонця він проходить за 687 днів, або за 1 рік і 11 місяців. Оскільки Марс і Земля рухаються в одну сторону, Земля через кожні 2 роки і 50 днів випереджає Марс на цілий оборот; у цей час Марс і Земля перебувають по одну сторону від Сонця, приблизно на одній прямій лінії. Таке положення Марса відносно Землі астрономи називають протистоянням.

Планети рухаються навколо Сонця не по колу, а по еліпсу. Тому віддаль між шляхами Марса і Землі не скрізь однакова. Якщо протистояння випадає там, де ці шляхи сходяться найближче, то від Землі до Марса буває всього 55 млн. *км*. Таке протистояння називають великим: воно повторюється кожні 15—17 років. Під час протистояння Марс сяє на небі всю ніч у вигляді дуже яскравої зорі вогненного кольору. Тоді його найзручніше спостерігати.

Щодо віддаленості від Землі Марс посідає третє місце після Місяця і Венери.

Оскільки Марс буває від Землі порівняно недалеко, його добре можна розглянути в телескоп. Правда, діаметр Марса невеликий, майже вдвоє менший проти діаметра Землі, але в телескоп він здається досить великим диском. Більша частина поверхні Марса вкрита плямами жовтого або червонуватого кольору. Такі плями на Марсі називають материками. На фоні материків легко помітити узор з якихось темних плям, які колись назвали морями. Правда, потім з'ясувалось, що насправді це зовсім не моря: води в них немає. Але назви «моря» і «затоки» на картах Марса залишились, тільки їх тепер розуміють так само умовно, як і «моря» на Місяці.

Якщо стежити за Марсом усю ніч, то буде видно, як темні плями «морів» на одній стороні показуються з-за краю, а на другій ховаються за краєм. Це значить, що Марс обертається навколо своєї осі, зовсім як наша земна куля. Значить, там, як і в нас, буває зміна дня і ночі. Навіть тривалість доби на Марсі майже така сама, як і на Землі,— 24 години 37 хвилин.

Нахил осі Марса такий самий, як і в земної осі. Внаслідок нахилу земної осі у нас буває зміна пір року. Значить, на Марсі теж буває весна, літо, осінь, зима. Чи можемо ми побачити на Марсі що-небудь таке, що підтверджувало б цю зміну тепла і холоду? Так, можемо.

На Марсі, як і на Землі, два полюси: північний і південний. Коли на одному полюсі літо, то на другому зима.

Якщо дивитись у телескоп на той полюс Марса, на якому зима, то буде видно, що вся місцевість там вкрита якимось яскраво-білим покривом. Біла шапка вкриває зимову частину Марса, і цю полярну шапку легко помітити навіть у невеликий телескоп.

Та ось настає весна. І тут на наших очах білий покрив починає руйнуватись, ніби танути. Його краї швидко просуваються до полюса, звільняючи заховану під ним темну поверхню. Це руйнування білого покриву триває все літо, і під осінь його залишається зовсім небагато, біля самого полюса. А з осені білий покрив знову розростається, насуваючись на навколишні місцевості.

Що ж це за світла речовина, яка утворюється з осінніми холодами і знищується весняним теплом? Ну, звичайно, сніг! Адже і на Землі білий сніговий покрив кожної осені поширюється все далі до екватора, а весною тане і відходить до полюса. Правда, на Марсі не так тепло, як у нас. Марс від Сонця далі, і тому сонячне проміння там світить і гріє в 2 ½ раза слабше, ніж на Землі. Тому навіть на екваторі, у найжаркішій зоні Марса, опівдні грунт нагрівається тільки до 10—20° тепла, а по ночах там завжди бувають дуже великі морози. Узимку на Марсі температура доходить до 60—70° нижче від нуля. Але там, де

Сонце влітку зовсім не заходить і панує безперервний літній день, довго буває тепло, температура коливається від 0 до 10° тепла.

Те, що на Марсі з'являється і зникає сніг, дуже важливо. З цього випливає, що на ньому є вода і є атмосфера. У ній водяна пара переноситься в різні сторони і осідає у вигляді снігу. Води на Марсі дуже небагато. Підраховано, що весь її запас становить приблизно стільки, скільки її є в Ладозькому озері. І атмосфера на Марсі зовсім не така, як у нас. Над кожною ділянкою його поверхні повітря у 8 раз менше, ніж на Землі, і тому повітря там дуже розріджене, приблизно таке, як у нашій атмосфері на висоті 15—20 *км* над земною поверхнею.

На Землі майже скрізь є життя. З того часу як Коперник довів, що планети — це далекі «землі», учених не переставало хвилювати питання: чи є там яке-небудь життя? Адже закони природи скрізь одні й ті самі. Тому раз на Землі виникли живі істоти, то й на інших планетах вони теж могли виникнути, якщо тільки там є для цього відповідні умови.

А умови ці такі: потрібна атмосфера, де був би кисень, необхідна вода, потрібна відповідна температура, тобто має бути не надто жарко і не надто холодно.

На Місяці жити не можна, бо там немає ні повітря, ні води. Через те саме не може бути життя й на Меркурії. На Венері життя, може, і є, тільки ми про нього ще нічого не знаємо, бо там все закрите хмарами.

Інша справа — Марс. Ми бачимо багато з того, що на ньому робиться, і нам відомо, що на ньому є і вода, і повітря і часом буває достатньо тепло. Правда, ні люди, ні наші звірі не могли б там жити: вони задихнулися б у розрідженій атмосфері. Навряд чи могли б там рости і наші земні рослини. Але це зовсім не значить, що на Марсі немає життя. Адже живі істоти завжди пристосовуються до існуючих умов. На Землі вони пристосовані до густої, теплої і вологої атмосфери. На Марсі існують, можливо, якісь свої види рослин, які в такій самій мірі добре пристосовані до атмосфери розрідженої, прохолодної і сухої.

Усі ці міркування, звичайно, правильні. Але чи можна їх підтвердити практично спостереженнями Марса?

Вигляд і колір тих темних просторів на Марсі, які колись помилково називали «морями», значно змінюється за порами року. Весною вони темніють і з сіро-коричневих стають зеленуватими або блакитними. Восени вони знову вицвітають: світлішають, сірішають. У цих змінах забарвлення деякі вчені вбачають появу і зникнення рослинності. Наприклад, найстаріший радянський дослідник Марса Г. А. Тихов говорить:

«Насамперед, це має бути рослинність низькоросла, яка тулиться до грунту. В основному це мають бути трави і сланкі кущі зеленого або блакитного кольору».

— І це все? — розчаровано запитає читач.— Трава, мох, низькорослі кущі — ми чекали не цього. Ми чули про канали, міста і розумних мешканців на Марсі. Де ж все це?

Так, справді, на Марсі видно якісь вузькі довгі смуги, вони дуже рівні і правильні. Тому раніше деякі вчені висловлювали здогад, що це якісь штучні споруди, щось на зразок тих грандіозних зрошувальних каналів, які є у нас на Землі; або ж це широкі смуги рослинності, які тягнуться берегами вузького каналу, якого ми не бачимо.

Проте тепер вчені вважають, що ніяких розумних істот на Марсі немає, а канали, якщо вони і є, то це зовсім не штучні споруди.

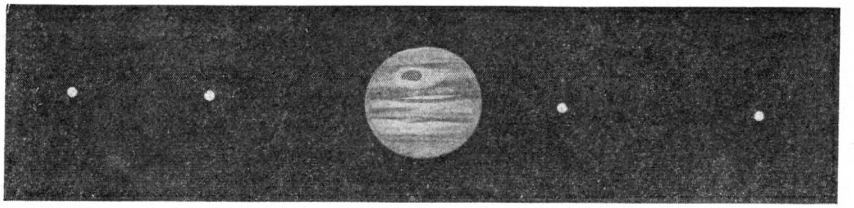
Існує думка, що ніяких каналів на Марсі взагалі немає, а є лише ланцюжки з темних плям, які при спостереженні зливаються і справляють враження прямолінійних каналів. Поки що природа Марса і питання про можливість життя на ньому вивчені недостатньо.

Ми знаємо, що в Землі є супутник — Місяць. У Меркурія і Венери супутників немає. Зате у Марса є аж два «місяці» — два малюсіньких супутники. Їх назвали Фобос і Деймос, що по-грецьки означає «Страх» і «Жах». Один з них має поперечник 15 *км*, другий — лише 8 *км*. Віддаль від Фобоса до Марса — тільки 9500 *км*, а віддаль від Деймоса — 23 500 *км*. Час обороту Фобоса навколо Марса становить 7 годин 39 хвилин. Цей супутник всупереч усім іншим світилам сходить на заході і рухається по небозводу на схід, як штучні супутники Землі.

ПЛАНЕТА-ГІГАНТ — ЮПІТЕР

Юпітер — найбільша з усіх планет сонячної системи. Він перебуває від Сонця на віддалі 778 млн. *км* — у 5 раз далі, ніж Земля, і проходить свій шлях навколо Сонця за 12 років.

Діаметр Юпітера в 11 раз більший, ніж Землі, а коли взяти його об'єм, то з Юпітера можна було б зробити 1345 таких куль, як Земля. Але при таких величезних розмірах



Юпітер із супутниками.

маса Юпітера тільки в 318 раз перевищує масу Землі. Це значить, що Юпітер складається зовсім з іншої речовини, ніж Земля. Наша земна куля складена з важких кам'яних порід, а в її центрі деякі вчені припускають навіть наявність ядра із ще важчих металів. Юпітер має іншу будову: у середньому його речовина трохи важча, ніж вода.

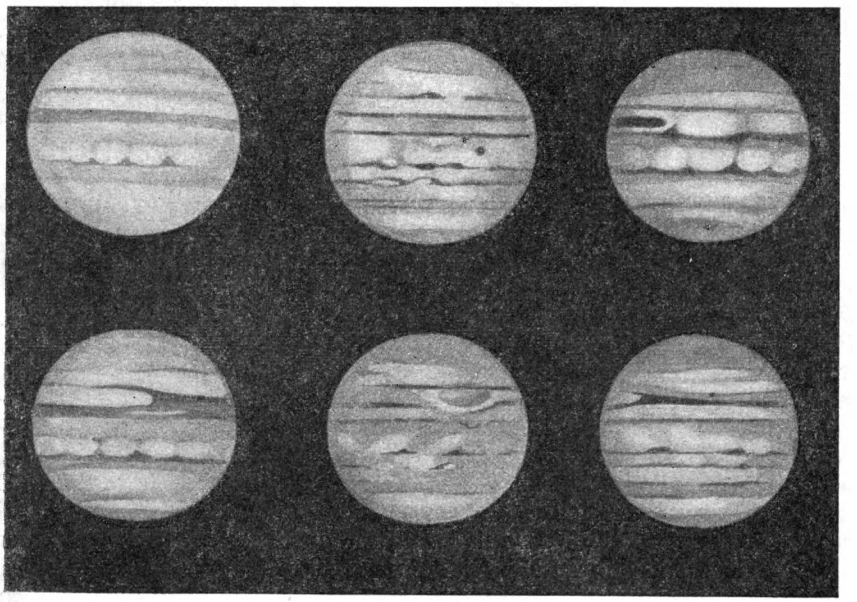
У ті місяці, коли Юпітер буває видно, його легко знайти на небі, бо він світить яскравіше від усіх інших зір і планет, крім Венери. Щодо блиску Юпітер займає на небі четверте місце — після Сонця, Місяця і Венери. Тільки Марс може давати таке саме сильне світло, та й то в рідкі дні найбільших зближень його з Землею.

Якщо подивитись на Юпітер у невелику підзорну трубу, то можна побачити цікаву картину: біля яскравої кулі планети видно чотири зірки. Це найбільші із супутників Юпітера. Вони щодня бувають розташовані по-різному: то дві справа, дві зліва; то три з одного боку, а одна — з другого; то всі чотири стануть ланцюжком по один бік від Юпітера. А буває й так, що яка-небудь із зірочок ховається за кулю Юпітера або стане перед ним і зникне на його фоні, або ж потрапить у тінь від Юпітера — станеться затемнення даного супутника Юпітера. В усіх цих випадках супутника стає не видно.

Ці чотири супутники Юпітера дуже великі, їх діаметри становлять від 3000 до 5180 *км*, два з них більші, ніж Меркурій. Крім них, у Юпітера є ще 8 дрібних супутників, які можна побачити тільки в потужні телескопи. Таким чином, всього у Юпітера 12 супутників, і все це велике сімейство рухається услід за самим Юпітером навколо Сонця (див. рис., стор. 456—457).

Але що ж являє собою сам Юпітер? Якщо його розглядати в потужний телескоп, то одразу впадає в око його некругла форма. Інші небесні тіла — Меркурій, Венера, Земля, Місяць — мають малий стиск біля полюсів. Земля, наприклад, біля полюсів стиснута приблизно на $^1/_{298}$ свого діаметра. У Юпітера стиск, або сплюснутість, біля полюсів значно більший.

Легко розглядіти ще, що Юпітер смугастий; на його округлому, але помітно розтягнутому диску видно ряд переміжних світлих і темних смуг, які щороку розміщені по-різному. Значить, це не гори, не океани і не суша, а лише довгі ряди хмар та туч різного забарвлення. З цього погляду Юпітер схожий на Венеру: усе, що ми на ньому бачимо,— це суцільний повітряно-хмарний покрив, який приховує від наших очей те, що знаходиться під ним. Відмінність у тому, що на Венері цей покрив гладенький, рівний, однорідний, а на Юпітері він плямистий, різнобарвний.



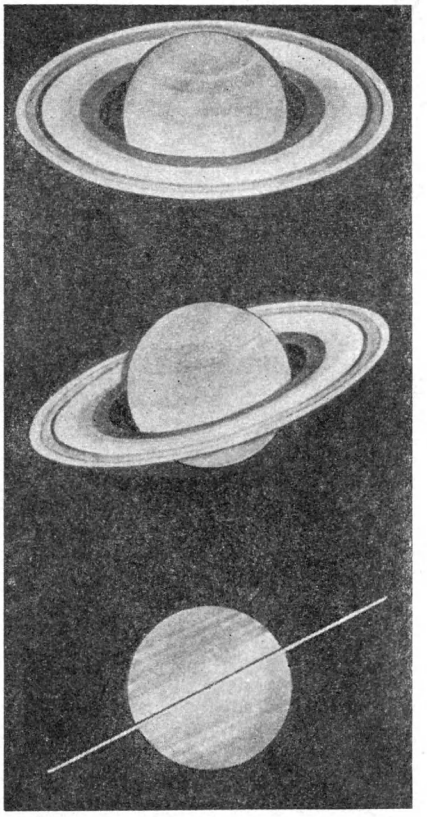
Зміни хмар на Юпітері (у телескоп).

Рух хмар дає змогу легко і просто встановити, як та з якою швидкістю обертається Юпітер навколо осі.

Кожна пляма, кожна хмарка на його диску поступово пересувається від краю до краю. Це значить, що Юпітер обертається навколо своєї осі. Його обертання дуже швидке. Установлено, що доба на ньому тривас всього 9 годин 50 хвилин.

Учені давно цікавились питанням про хімічний склад потужної атмосфери Юпітера, де вирують і клубочаться хмари й тучі. Виявилось, що в ній немас ні кисню, ні водяної пари, ні вуглекислоти — одне слово, нічого того, що входить до складу нашої земної атмосфери. Зате там виявилось багато газу, що називається метаном. Це той газ, який весело горить синіми вогниками в наших газових плитах. Крім того, там є аміак — газ, що його багато хто знає за різкий запах нашатирного спирту. Внаслідок величезної віддалі Юпітера від Сонця температура його атмосфери — близько 140° морозу.

Юпітер за всіма своїми властивостями так не схожий на нашу Землю, що нам важко розібратися в його своєрідній природі. Є припущення, що ядро його складається з дуже стиснених газів.



Зміна вигляду кільця Сатурна.

ПЛАНЕТА З КІЛЬЦЕМ — САТУРН

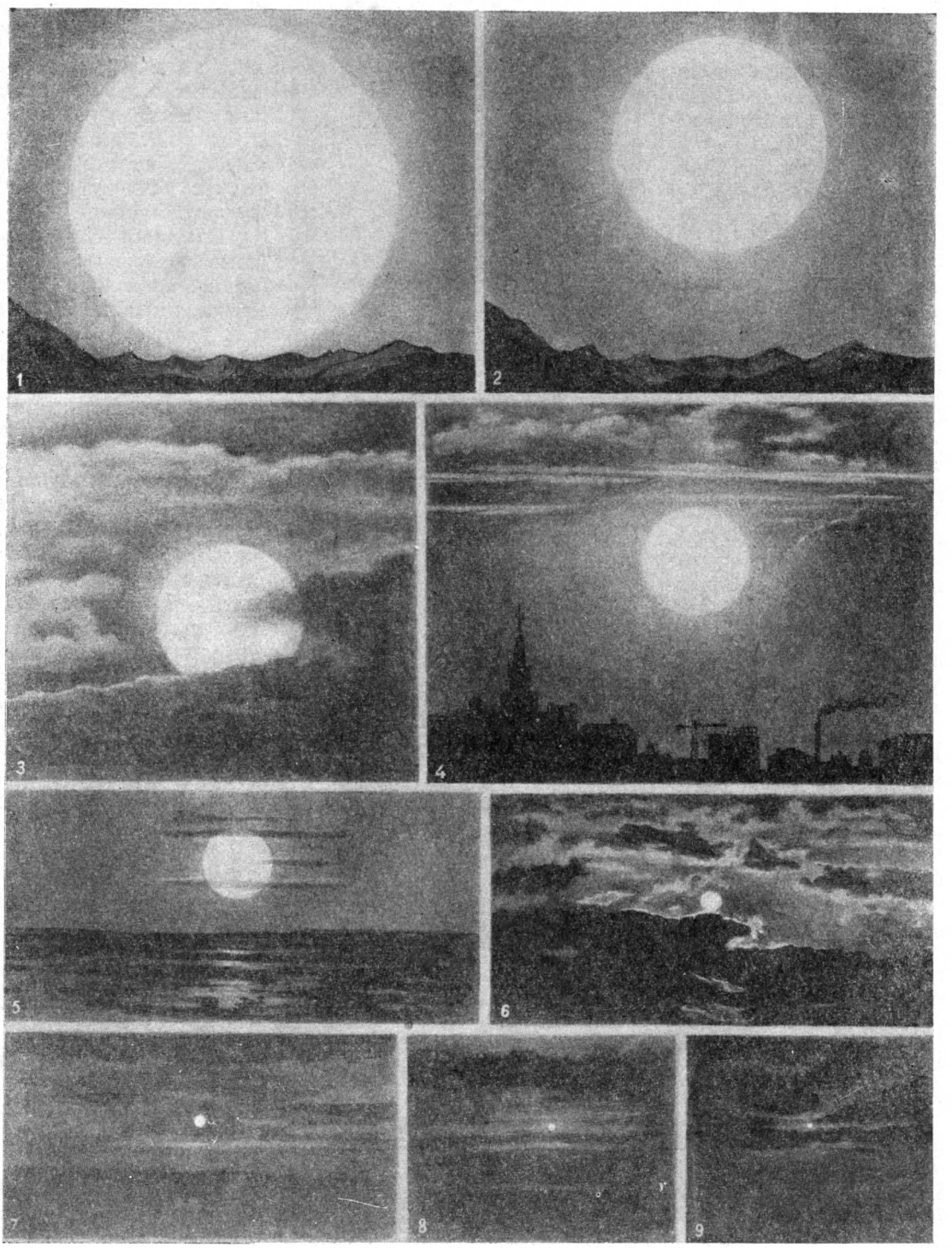
Сатурн з його кільцем — найцікавіша планета в сонячній системі. Широке, цілком плоске кільце оточує екватор планети, як капелюх — його криси. Воно розміщене похило до того кола, по якому Сатурн обходить Сонце за 29,5 року. Через те залежно від положення Сатурна на його шляху кільце повертається до нас то одним боком, то другим. Кожні 15 років воно стає до нас ребром, і тоді його не можна розглядіти навіть у найпотужніші телескопи, а це значить, що кільце дуже тонке: його товщина не перевищує 10—15 *км* (див. стор. 392—393).

Знаменитий астроном Галілей у 1610 р. виявив, що Сатурн чимось оточений. Але його телескоп був надто слабкий, і через те Галілей не зміг розібрати, що він бачить навколо Сатурна. Тільки через півстоліття голландському вченому Гюйгенсу вдалося розглядіти, що це насправді плоске кільце, яке оточує планету і ніде до неї не доторкується.

Вивчення Сатурна за допомогою досконаліших телескопів показало, що кільце розпадається на три частини, які утворюють немов три незалежних кільця, вкладених одне в одне. Зовнішнє кільце відокремлюється від середнього темним проміжком — вузькою чорною щілиною. Середнє кільце яскравіше від зовнішнього. Зсередини до нього щільно підходить напівпрозоре, немов туманне, третє кільце.

Що ж являють собою ці цікаві кільця? Може, це справді тверді гладенькі площадки? Ні, це не так. Видатні вчені — англійський фізик Максвелл (1831—1879) і російська жінка-математик С. В. Ковалевська (1850—1891) своїми розрахунками довели, що суцільне і тверде кільце такого розміру існувати не може: воно було б миттю зруйноване внаслідок відмінності в силі притягання для різних його частин. Видатний російський астрофізик А. А. Бєлопольський (див. стор. 487) пильними спостереженнями Сатурна підтвердив, що кільце справді не суцільне. Виявилось, що швидкість руху в різних частинах кільця різна. Це значить, що кільця складаються з дрібних уламків, кожний з яких обертається навколо Сатурна з такою швидкістю, яку мав би супутник планети, що перебуває на такій самій віддалі. Кожний такий уламок — ніби незалежний супутник, що сам по собі обертається навколо Сатурна.

Що ж являють собою ці уламки? Це, мабуть, камінці різного розміру: від кількох сантиметрів до метра в поперечнику, але, можливо, у кільцях є й пил. Крім кілець, навколо Сатурна рухається дев'ять супутників. З них один — Титан — за розмірами приблизно дорівнює Меркурію і трохи поступається



Гаданий вигляд Сонця в різних планет:

1 — вигляд Сонця з Меркурія в перигелії; *2* — вигляд Сонця з Меркурія в афелії; *3* — вигляд Сонця з Венери; *4* — вигляд Сонця з Землі; *5* — вигляд Сонця з Марса; *6* — вигляд Сонця з Юпітера; *7* — вигляд Сонця з Сатурна; *8* — вигляд Сонця з Урана; *9* — вигляд Сонця з Нептуна.

перед ним щодо маси. Інші супутники мають різні розміри. Але всі вони далеко менші від Титана.

Сатурн багато в чому нагадує свого собрата — Юпітера. Багато дивних, на наш погляд, особливостей Юпітера виявлено у Сатурна ще різкіше. Наприклад, він стиснений біля полюсів ще дужче і складається з речовини легшої, ніж вода.

Сатурн, як і Юпітер, оточений суцільним хмарним покривом, але тільки ця туманна пелена на ньому не така строката. Смуги і плями на Сатурні хоч і є, але вони виділяються не так різко, як на диску Юпітера.

Атмосфера, в якій плавають хмари, має той самий склад, що й на Юпітері: у ній є метан і аміак. Віддаль Сатурна від Сонця дорівнює 1426 млн. *км*, і сонячні промені там гріють у 90 раз слабше, ніж на Землі, і в 3½ раза слабше, ніж на Юпітері. Зрозуміло, що й мороз там дуже лютий — він доходить до 150°. Доба на Сатурні триває 10 годин 14 хвилин.

ПЛАНЕТИ УРАН, НЕПТУН І ПЛУТОН

Навіть у XVIII ст. планетна система була відома тільки до Сатурна. Але вже тоді існувала думка, що Сатурном список планет не закінчується, що є ще дальші планети, які неозброєним оком побачити не можна. Це припущення блискуче підтвердилось, коли в 1781 р. знаменитий англійський астроном Гершель, спостерігаючи зорі в телескоп, помітив нове світило, якому, судячи з зоряної карти, бути тут не належало. Після кількох днів спостережень за цим світилом Гершель побачив, що воно переміщається серед зір і, значить, являє собою планету.

Виявилось, що ця планета обертається навколо Сонця на віддалі 2869 млн. *км* і робить повний оборот за 84 роки. Новій планеті дали назву Уран. З часом у неї знайшли п'ять супутників.

Спостерігаючи Уран, учені виявили в його русі деякі неправильності, які могли бути тільки через те, що існує якась ще дальша планета. Ця невідома планета своїм притяганням трохи зсувала Уран з того шляху, по якому він обертався б під дією притягання Сонця і решти планет.

У той час вже великої досконалості досягла наука небесна механіка. Вона давала змогу точним розрахунком знаходити шлях будь-якого небесного світила.

Способи розрахунку, якими користуються вчені в небесній механіці, дають змогу точно визначати збурення, тобто відхилення в русі якої-небудь планети внаслідок притягання «сусідніми» планетами. Наприклад, рух Марса трохи змінюється збуреннями, які виникають від притягання Землі і Юпітера.

Звичайно в небесній механіці доводиться обчислювати збурення за вже відомим розташуванням інших планет. При вивченні руху Урана треба було розв'язати обернене завдання: знаючи збурення, знайти місце невідомої планети, що їх зумовлює. Це важке завдання, як вже раніше було сказано, розв'язали французький астроном Левер'є і англійський учений Адамс. Тільки самими розрахунками, зовсім не дивлячись на небо, вони вказали місце на небі, де має бути невідома планета. І справді, коли на це місце астроном Галле спрямував телескоп, то виявив нову планету. Так було відкрито восьму планету сонячної системи — Нептун. У неї виявилося два супутники.

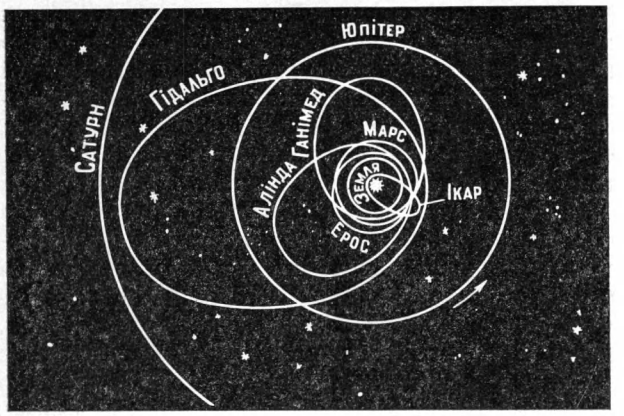
Це відкриття було великим торжеством науки: воно ясно показувало, що система світу Коперніка правильна, що вірні ті закони руху і притягання, які дав великий Ньютон і на яких грунтуються всі розрахунки, що виконуються в небесній механіці.

У 1930 р. вдалося відшукати ще одну планету, яка перебуває від Сонця на віддалі в 40 раз більшій, ніж Земля (5929 млн. *км*), і робить оборот за 250 років. Це дев'ята планета сонячної системи — Плутон.

Що ж являють собою ці так віддалені від Сонця планети?

Уран і Нептун дуже схожі один на одного. Обидва вони менші від Сатурна, але далеко більші від Землі. Обидва вони помітно стиснені, хоч і не так, як Сатурн. Їх хмарні атмосфери містять метан. Що ж до аміаку, то він там майже не помітний. Пояснюється це тим, що при такому страшенному холоді, який там панує (мінус 200° і нижче), аміак вже не може залишатись газом: він замерзає і осідає вниз у вигляді білої речовини, яка схожа на сніг.

Плутон різко відмінний від чотирьох велетенських планет. Він менший за них: його маса приблизно така сама, як і в Землі. Від нас він так далеко, що навіть у найпотужніші телескопи здається зорею, і розглянути його поверхню поки що неможливо.

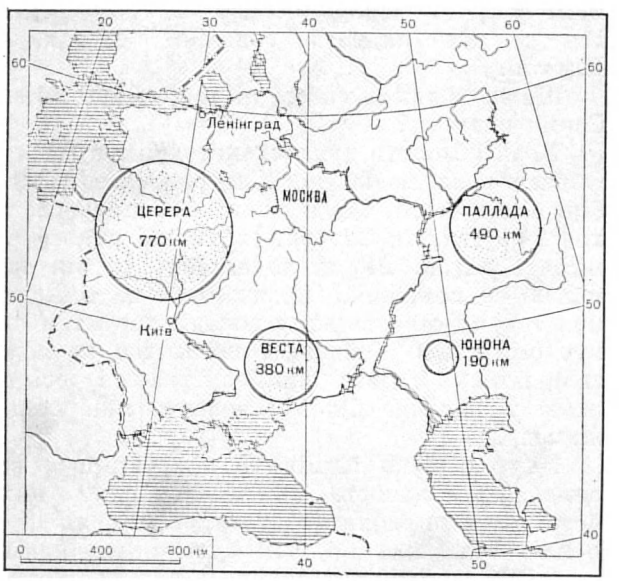


Орбіти деяких астероїдів.

ПЛАНЕТИ-КРИХІТКИ

Ми розповіли про планети сонячної системи. Але 9 планет і 31 супутник, про які ми говорили,— це не все. У планетній системі є ще сила-силенна дуже невеликих, але самостійних тіл. Їх називають малими планетами, або астероїдами.

1 січня 1801 р. італійський астроном Піацці знайшов на небі маленьку зірочку, яка, як він установив, повільно пересувалась серед зір. Ясно, що це була невідома до того планета. Коли визначили її шлях, то виявилось, що він лежить між шляхами Марса і Юпітера, тобто в зоні сонячної системи, здавалося б давно вивченої і добре відомої. Дивне це було відкриття! Дивно було й те, що нова планета, яку назвали Церерою, була так мало помітна: адже вона була ближче, ніж Юпітер, і трохи далі, ніж Марс! Доводилось зробити висновок, що це якесь невелике небесне тіло.



Порівняльні розміри астероїдів, якщо їх розмістити на території СРСР.

Ученим знову довелося здивуватись, коли через рік, у 1802 р., знайшли ще одну планету — Палладу, шлях якої теж проходив між орбітами Марса і Юпітера. У 1804 р. там же виявили третю планету — Юнону, у 1807 р. четверту — Весту. Отже, виявилось, що між шляхами Марса і Юпітера рухається кілька якихось маленьких небесних тіл.

Пізніше, починаючи з кінця першої половини XIX ст., таких планет почали відкривати дедалі більше. Знахідки стали особливо частими, після того як для шукань застосували фотографію. Дуже багато планет відкрили співробітники Сімеїзької обсерваторії в Криму. Радянські астрономи С. І. Бєлявський та Г. М. Неуймін відкрили близько сотні малих планет. Тепер таких планет відомо понад 1600.

Немало треба попрацювати, щоб вивчити таку безліч небесних тіл. Адже для кожної планети треба вивчити її шлях, віддаль від Сонця, час обороту навколо Сонця. Треба на кожний рік обчислити положення малої планети на небі, щоб астрономи могли знову знайти її і сфотографувати. Цією важливою справою займаються в Інституті теоретичної астрономії Академії наук СРСР у Ленінграді. Головну частину роботи там виконують складні машини-автомати, які самі провадять різні арифметичні дії.

У кожної малої планети, або астероїда, є свій номер і назва. Спочатку, поки астероїдів знали небагато, їх, як і великі планети, називали іменами богів або богинь із старорим-ських міфів. Потім таких імен не вистачило, і тепер астероїди називають звичайними жіночими іменами, а також іменами міст, країн і вчених. Так, серед планет є Ганна і Віра, Москва і Казань, Вірменія і Італія, Коперник і Ньютон. Є планета, названа Владиленою на честь В. І. Леніна.

Не всі малі планети рухаються весь час між Марсом і Юпітером. Деякі перетинають орбіту Марса і навіть орбіти ближчих до Сонця планет. Мала планета № 1566 — Ікар — підходить іноді до Сонця навіть ближче, ніж Меркурій.

ЧИСЛОВІ ДАНІ, ЩО СТОСУЮТЬСЯ ПЛАНЕТ

Планета*	Віддаль від Сонця: в мільйонах кілометрів	Віддаль від Сонця: в одиницях віддалі від Землі до Сонця	Час обороту навколо Сонця, тобто тривалість року, на планеті в земних добах і роках	Час обертання навколо осі, тобто тривалість доби на планеті	Діаметр (порівняно з діаметром Землі)	Об'єм (порівняно з об'ємом Землі)	Маса (порівняно з масою Землі)	Густина (густина води дорівнює одиниці)	Освітленість Сонцем (порівняно з Землею)	Атмосфера	Кількість супутників
Меркурій .	58,0	0,4	88 діб	88 діб	0,38	0,05	0,04	4,9	7	Немає	0
Венера . . .	108,0	0,7	224 доби	?	0,97	0,92	0,81	5,1	2	Суцільна хмарність	0
Земля . . .	149,5	1,0	1 рік	23 год. 56 хв.	1,00	1,00	1,00	5,5	1	Наполовину хмарна	1
Марс . . .	228,0	1,5	1,9 року	24 » 37 »	0,53	0,15	0,11	3,9	1/2	Розріджена прозора	2
Юпітер . .	778,0	5,2	11,9 »	9 » 50 »	11,26	1345	318,00	1,4	1/27	Суцільна хмарність	12
Сатурн . . .	1426,0	9,5	29,5 »	10 » 14 »	9,45	767	95,00	0,7	1/90	» »	9
Уран . . .	2869,0	19,2	84,0 »	10 » 48 »	4,0	63,0	14,60	1,3	1/400	» »	5
Нептун . .	4496,0	30,1	164,8 »	15 » 48 »	4,3	78	17,30	1,2	1/900	» »	2
Плутон . .	5929,0	39,6	249,7 »	?	?	?	?	?	1/1600	?	0

* П'ять планет: Меркурій, Венера, Марс, Юпітер, Сатурн — відомі з давніх-давен. Уран відкрив В. Гершель у 1781 р. Нептун відкрив у 1846 р. Й. Галле на підставі обчислень У. Левер'є. Плутон відкрила в 1930 р. американська обсерваторія імені Ловелла.

Найбільша з малих планет — Церера — має поперечник до 770 *км*, найдрібніші — неправильні брили діаметром близько 1 *км*.

Наша планетна система — не єдина. У безконечному Всесвіті є багато інших зір, оточених планетами, які за допомогою сучасних телескопів ми ще не можемо безпосередньо спостерігати. Але недалеко той час, коли людство оволодіє такими потужними засобами спостереження, що його поглядові відкриється багато інших планетних світів.

КОМЕТИ

У лютому і березні 1744 р. у колах учених Петербурзької академії наук панувало велике пожвавлення. У ці дні на небі можна було бачити дуже яскраву комету з величезним хвостом. З особливим інтересом стежив за кометою, за її переміщенням серед зір та зміною її зовнішнього вигляду тоді ще молодий учений М. В. Ломоносов.

Ця комета являла собою виняткове видовище: її туманний «придаток» розкинувся майже на половину неба і складався ніби з кількох окремих хвостів.

Довгий час люди нічого не знали про природу комет. Їх поява була така раптова і загадкова, а вигляд такий незвичайний, що забобонно настроєні люди вбачали в них передвісників усяких злигоднів: війни, чуми, холери, голоду.

У XVI ст. астроном Тіхо Браге і за ним багато інших дослідників з'ясували, що планети перебувають далеко за межами земної атмосфери і навіть значно далі, ніж супутник Землі — Місяць; що вони рухаються в просторі приблизно на такій самій віддалі від Землі, як і планети.

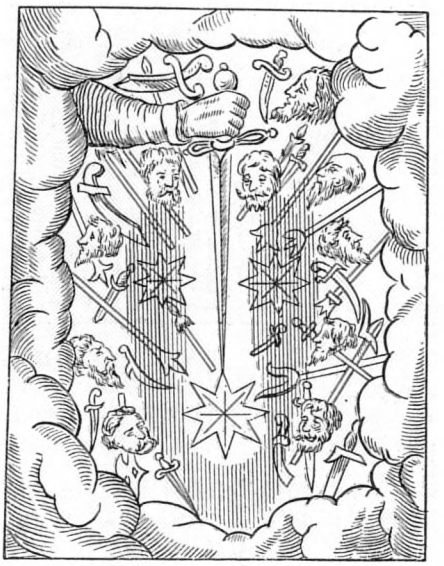
Пізніше, наприкінці XVII ст., геніальний учений Ісаак Ньютон, припустивши, що комети, як і планети та їх супутники, підлягають

закону всесвітнього тяжіння, уперше визначив шлях навколо Сонця однієї з комет. Це була комета 1680 р. Виявилось, що її шлях становить нескінченно витягнуту криву—параболу. Пройшовши поблизу Сонця, ця комета зникла в міжзоряному просторі, і більше її ніколи не бачили.

Друг і учень Ньютона Е. Галлей визначив шляхи навколо Сонця 24 комет. Ця копітка праця привела до цікавих результатів: виявилось, що три комети, які з'являлись через проміжки часу близько 76 років, рухались по майже однакових шляхах.

Пильно вивчивши це питання, Галлей з цілковитою певністю заявив, що насправді спостерігалися не три різні комети, а одна й та сама. Галлей підрахував, через який строк цю комету буде знов видно, і завбачив її появу на 1758 рік. Його завбачення блискуче справдилось. Так було доведено, що рух комет підлягає тим самим законам, що й рух інших небесних тіл. Порівняно короткий період обороту комети Галлея (близько 76 років) давав можливість спостерігати її під час послідовних поя в.

Зарисовки цієї комети, зроблені в глибокій давнині, показують, що комета і тоді мала точнісінько такий самий вигляд, як в епоху Галлея.



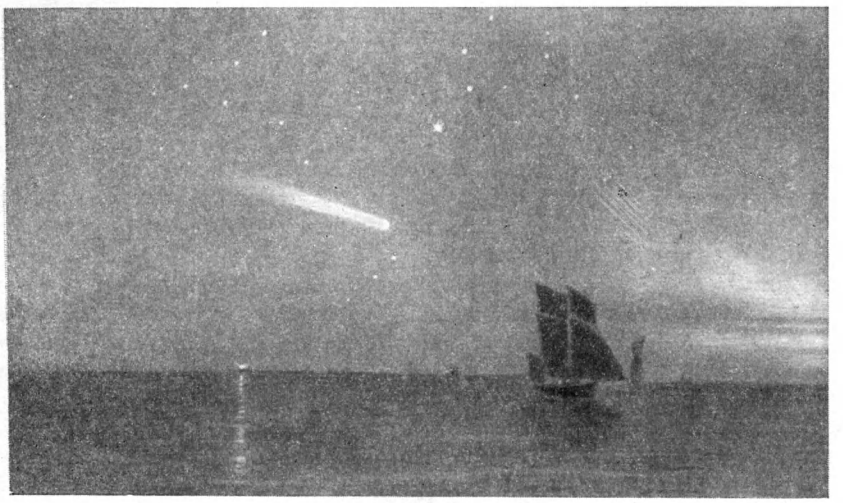
Фантастичне зображення комети 1528 р.
(Із старовинної книжки).

Які ж головні особливості будови комети? Найяскравіша частина її—це «голова». Вона схожа на згущену туманну хмарку, яскравість якої збільшується до середини. Тут іноді буває видно «ядро» голови комети, схоже на зірочку. З голови комети виходить у вигляді слабкої світної смуги «хвіст». Зрідка спостерігались комети надзвичайно яскраві: їх блиск перевищував блиск Венери або Юпітера.

Поки комета перебуває оддалік від Сонця, у неї немає ніякого хвоста. Хвіст виникає і починає рости в міру наближення комети до Сонця, причому він звичайно спрямований в сторону від Сонця.

Хвости комет розрізняють за довжиною і за формою. У деяких комет хвости тягнулися через усе небо; у других вони були ледве помітні. Наприклад, хвіст комети 1744 р. був завдовжки 20 млн. *км*, а хвіст комети 1680 р. сягав на 240 млн. *км*. Можна підрахувати, що коли б при таких розмірах речовина хвоста комети мала густину хоча б таку, як вода, то сила притягання примусила б не тільки планети, а й саме Сонце обертатися навколо цієї комети. Комети з такими хвостами були б найбільш масивними тілами сонячної системи. А насправді голови і особливо хвости комет складаються з надзвичайно розрідженої речовини. Через те маса комет незначна — у мільярди разів менша, ніж маса Землі, і притягання, що його чинить комета на Сонце та планети, таке мале, що його навіть неможливо помітити.

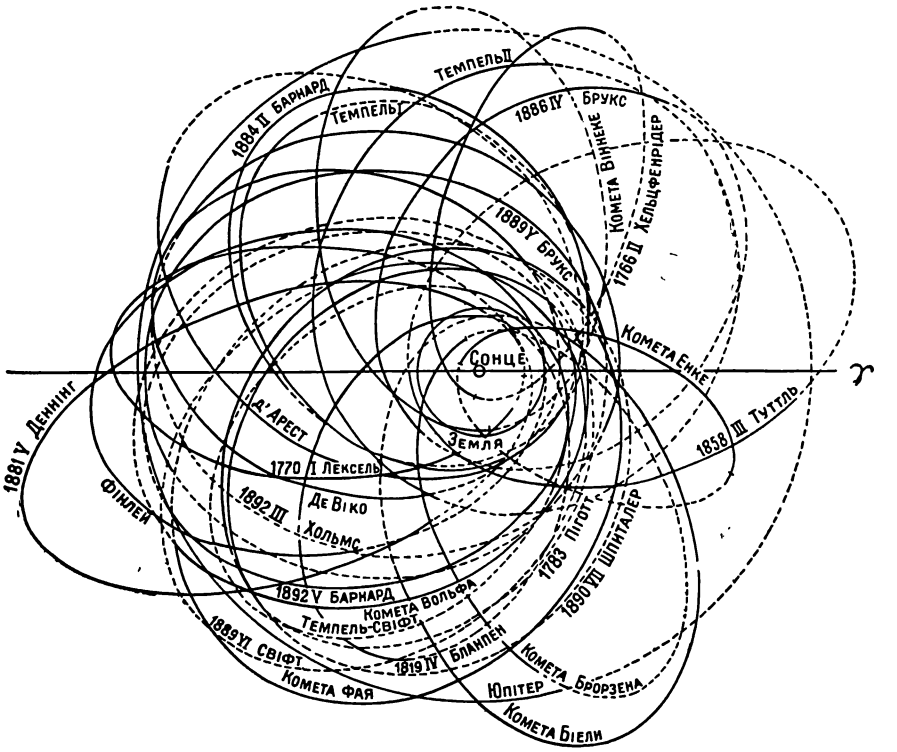
У травні 1910 р. Земля проходила крізь хвіст комети Галлея. При цьому в русі Землі не сталось ніяких змін.



Комета Галлея.

Хвости комет такі прозорі, що крізь них добре видно зорі. Таким чином хвіст комети може складатися тільки з частинок газу, що перебуває в стані сильного розрідження, або з дрібнісіньких пилинок, або із суміші газу та пилу.

Ядро комети — тверде і щільне. Воно складається, мабуть, із суміші заморожених газів та пилинок і, очевидно, кам'яних брил. Діаметри твердих кометних ядер бувають від кількох метрів до кількох кілометрів. Тому зіткнення кометного ядра з Землею не загрожує останній ніякою небезпекою. При проникненні в земну атмосферу заморожені гази швидко випаровуються, і від ядра залишаться тільки уламки, які не можуть заподіяти шкоди Землі. Отже, зіткнення Землі з ядром комети не страшне, та й траплятись воно може надзвичайно рідко— один раз за десятки, а то й сотні тисяч років.



Орбіти комет з коротким періодом обертання.

Комети відкривають тепер на небі щороку, іноді навіть по кілька комет за рік.

Проте багато з них можна бачити тільки в телескоп, і то як туманні плямочки.

Відкривши комету, вчені стараються визначити, по якому шляху, або, як кажуть астрономи, по якій орбіті, вона рухається. Це потрібно для того, щоб у разі нової появи комети можна було впізнати стару, вже відому комету. Крім того, знаючи орбіту комети, можна заздалегідь завбачити, коли вона стане знову доступною для спостережень.

Учені визначили орбіти і періоди обертання багатьох комет.

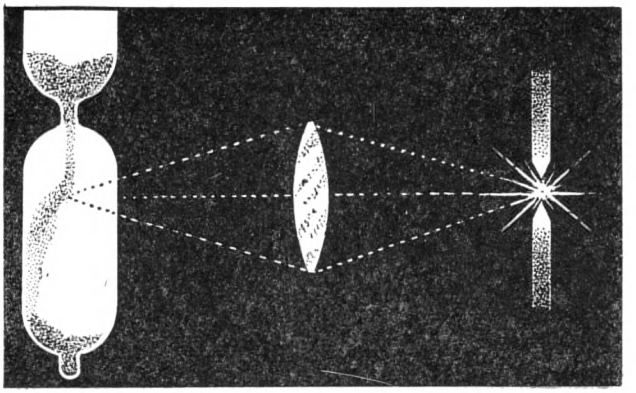
Так, у червні 1770 р. паризькі астрономи відкрили нову комету. За нею можна було стежити до 2 жовтня 1770 р. За своїм зовнішнім виглядом вона нічим особливим не виділялась. Рух цієї комети почав вивчати петербурзький астроном А. І. Лексель. Його обчислення показали, що ця комета обертається навколо Сонця за 5,5 року, тобто вдвоє швидше, ніж, наприклад, планета Юпітер.

Дальші дослідження лише підтвердили правильність розрахунку астронома А. І. Лекселя. Періодичність комет було остаточно доведено. Після комети Лекселя було знайдено багато інших комет, період обертання яких навколо Сонця був невеликий. Тепер відомо вже 72 комети, які оббігають Сонце за час, менший, ніж 30 років. Такі комети називають короткоперіодичними, на відміну від комет, які рухаються по таких витягнутих шляхах, що вони або зовсім відійдуть від Сонця, або знову повернуться через багато сотень і навіть тисяч років.

На рисунку наведено орбіти деяких короткоперіодичних комет.

У 60-х роках XIX ст. московський учений Федір Олександрович Бредіхін приступив до вивчення комет. Бредіхін створив теорію кометних форм, пояснив особливості кометних хвостів і заклав основи сучасних наукових уявлень про комети.

За теорією Бредіхіна, голову і хвіст комети утворюють частинки газу та пилу, що викидаються з поверхні ядра комети. Бредіхін обгрунтував давно висловлювану думку, що сонячне проміння є причиною того, що ці газ і пил потоком, наче від вибуху, ідуть з ядра спершу в сторону до Сонця, а потім назад



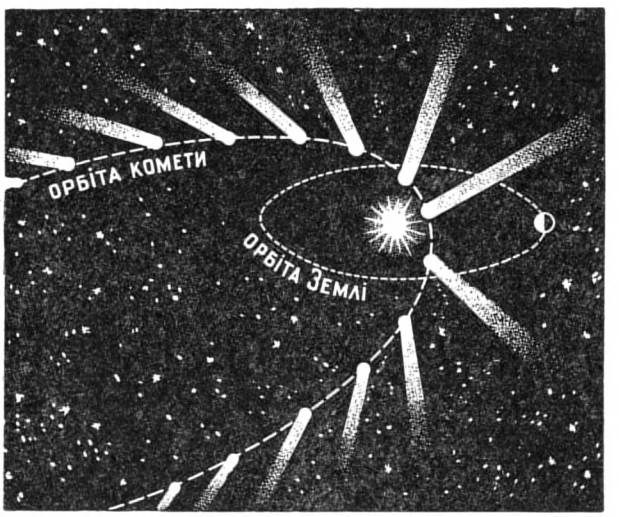
Дослід, що показує тиск світлових променів.

від нього під дією якоїсь відштовхувальної сили. Ця сила немов гальмує рух до Сонця речовини комет, а потім примушує її рухатися назад з дедалі більшою швидкістю.

Так, подібно до своєрідно діючого газового фонтану, утворюються туманна голова комети та її хвіст.

Що ж це за відштовхувальна сила, яка діє на речовину комет?

Природу цієї сили з'ясував інший видатний російський учений — Петро Миколайович Лебедєв. Наприкінці XIX ст. він довів, що світло дійсно тисне на поверхню, поставлену на шляху світлового потоку, як це вивів із своєї теорії англійський фізик Максвелл. П. М. Лебедєв з великою майстерністю провадив точні фізичні досліди. Дослідами він довів існування тиску світла на тверді тіла і на гази.



Відхилення кометних хвостів від Сонця.

Тиск світла практично не позначається на великих тілах, тому ми не помічаємо його дії на Землі. Але при зменшенні розмірів тіла воно все більше дає себе знати і в деяких випадках може відігравати вирішальну роль. Якщо поперечник частинки становить приблизно $^1/_{1000}$ частку міліметра, то тиск світла на неї буде вже значним і перевищуватиме силу притягання.

П. М. Лебедєв висловив думку, що відштовхувальною силою Сонця, яка впливає на утворення хвостів комет, є саме тиск сонячного проміння на поверхню частинок, що утворюють кометний хвіст. Хоч ці частинки і підлягають закону тяжіння, але тиск світла на них значно більший, ніж притягання до Сонця, і вони наче тікають від нього.

Розглядаючи зарисовку комети 1744 р. (тієї самої, яку спостерігав Ломоносов), Бредіхін зацікавився тим, що у неї було багато хвостів. Роздумуючи над причинами цього явища, він прийшов до висновку, що матерія з ядра витікає окремими вибухами. Кожний вибух дає хмару частинок, що рухаються з різними швидкостями. Вони утворюють ніби поперечні смуги, попереду яких рухаються частинки з більшими швидкостями, ззаду — з меншими. Потім іде смуга, утворена частинками наступної хмари, і т. д. Ці поперечні смуги і створюють картину кількох хвостів у комети.

Вивчаючи процеси утворення хвостів у різних комет, Бредіхін зробив важливе відкриття. Виявилось, що хвости комет бувають в основному трьох типів: прямі, вузькі, спрямовані прямо від Сонця (перший тип), широкі, трохи викривлені і відхилені від Сонця (другий тип), і короткі, відхилені ще більше (третій тип).

Чому виходять такі різні хвости у комет? На це питання зараз можна відповісти так: різні комети складаються з частинок різного складу та властивостей, які по-різному реагують на дії Сонця. На одні частинки світловий тиск діє сильніше, на другі слабше, тому в тих чи інших комет частинки рухатимуться по різних шляхах і виходитимуть хвости різних форм. Останнім часом з'ясовано, що, крім тиску світла, на частинки хвостів діють і швидкорушні ядра атомів водню та електрони, що викидаються з поверхні Сонця.

Ясно, що коли матеріал хвоста викидається з ядра комети, то хвіст ми можемо розглядати як продукт руйнування комети. Частинки голови і хвоста, гнані відштовхувальною силою Сонця, бомбардовані швидкорушними сонячн-

ними частинками, заносяться з великою швидкістю в світовий простір. Таким чином, матеріал ядра, здатний утворювати хвіст, вичерпується, комета «втрачає» свою масу. Це теоретичне міркування було підтверджене при вивченні яскравості комет.

Виявляється, комети різко знижують свою яскравість від появи до появи і, нарешті, зовсім зникає їх видимість.

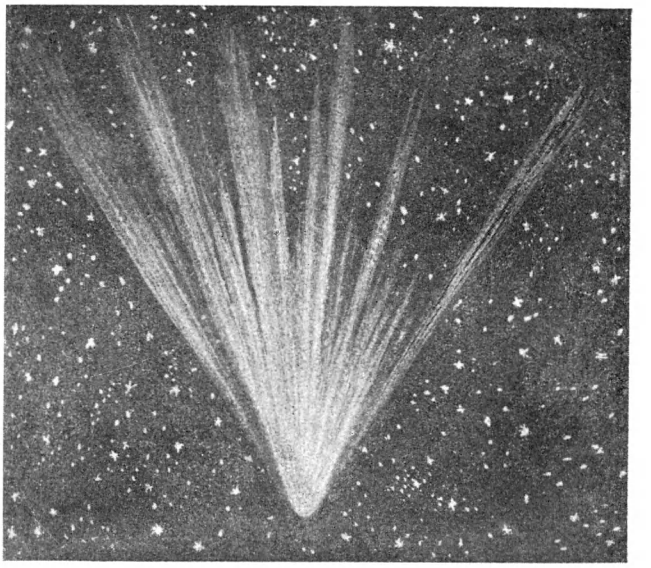
Ф. О. Бредіхін звернув увагу на те, що в деяких комет хвости були спрямовані не від Сонця, а до Сонця. Він назвав такі хвости аномальними і висловив думку, що вони утворюються з частинок, на які відштовхувальна сила Сонця не діє. Ці частинки і є, очевидно, ті пилинки та камінці, які утворюють потоки метеорних тіл, що рухаються по шляху тих комет, ядра яких розпались на безліч дрібнісіньких частинок.

Праці Бредіхіна стали основою для дальшого вивчення комет. Тепер наші знання про комети далеко повніші. Ми вже знаємо, з чого складаються комети та їхні хвости. У цьому нам допоміг спектральний аналіз.

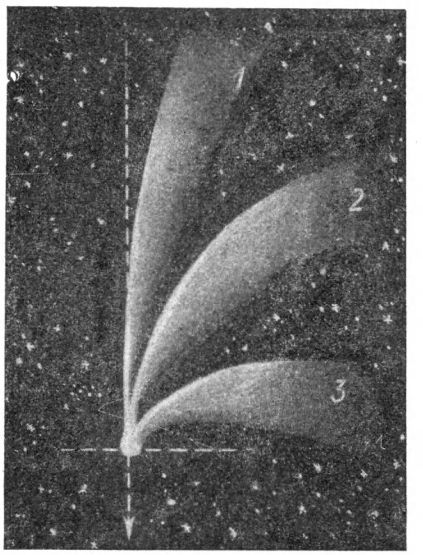
Ще у 80-х роках XIX ст. у Пулковській обсерваторії провадились дослідження спектрів комет. Поступово було встановлено, що в голові комети світяться головним чином гази — вуглець та ціан, а поблизу ядра голови — молекули вуглеводнів та сполук азоту з воднем. А у хвостах комет було виявлено отруйний газ—окис вуглецю і азот, що перебувають у наелектризованому стані. З порівняння спектрів комет було зроблено висновок, що всі комети за характером спектра схожі одна на одну і, отже, мають споріднену природу. Ми вже бачили, що свічення комет пояснюється дією сонячного проміння, бо воно починається лише при наближенні комети до Сонця. Разом з тим свічення виникає на такій віддалі від Сонця, де тепло його променів ще не може зігріти комету. Значить, свічення зумовлюється не теплом Сонця, а чимось іншим.

У чому ж його причина?

Ми знаємо, що на розжареній поверхні Сонця відбуваються грандіозні спалахи, що супроводяться випромінюванням ультрафіолетових променів. При цьому викидаються з величезними швидкостями дрібнісінькі частинки речовини — атоми та електрони. Потрапляючи в атмосферу Землі, ці частинки спричинюють полярні сяйва та магнітні бурі. Ці самі частинки можуть бомбардувати поверхню ядра комети, сприяючи виділенню газів. Ультрафіолетові і звичайні промені Сонця, діючи на кометні гази, зумовлюють їх свічення.



Комета з кількома хвостами.

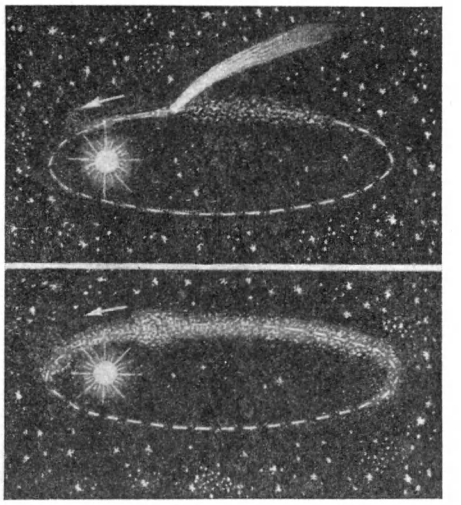


Типи кометних хвостів:
1 — прямі, вузькі; *2* — широкі, викривлені; *3* — короткі Стрілка показує напрям до Сонця.

Проте треба пам'ятати, що всі висловлені тут міркування не дають повного пояснення свічення комет. Радянські астрономи визначили кількості речовини в кометах — їх маси. Було доведено, що маси комет у мільярди разів менші від маси Землі. Якщо стиснути речовину середньої щодо розмірів комети до такої щільності, як, наприклад, густина Землі, то вийде тіло поперечником не більше за кілька кілометрів. При цьому треба взяти до уваги, що ядро, тобто тверде тіло комети, у деяких випадках не перевищує своїми розмірами і кількох сотень метрів. А оскільки хвости комет тягнуться на мільйони кілометрів, ми можемо собі уявити, як дуже розріджена речовина, з якої вони складаються.

У наших лабораторіях, викачуючи повітря з щільно закупореної посудини, ми не можемо ще добитись такої міри розрідження речовини, яка існує у хвостах комет. Тому, хоч до складу комет і входять отруйні гази, вони не можуть завдати нам шкоди, якщо Земля потрапить всередину кометного хвоста, як це й було в 1910 р., коли Земля проходила крізь хвіст комети Галлея.

По суті справи, хвости комет — це «видиме ніщо», і ми можемо спостерігати їх тільки тому, що надрозріджений газ світиться під дією сонячного проміння і потоків частинок, що викидаються з сонячної поверхні.

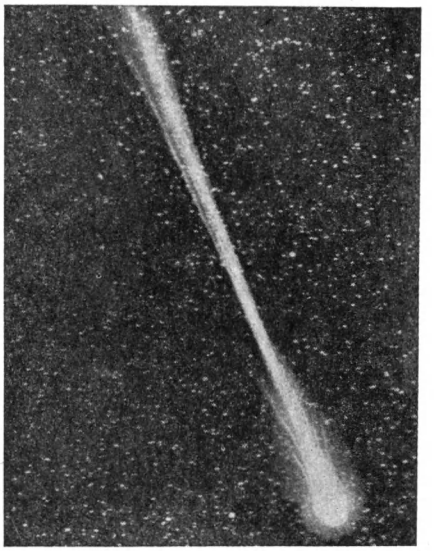


Перетворювання комети під час розпаду в метеорний потік.

Зіставляючи силу світла комет, можна порівняти їх між собою. При цьому з'ясувалась одна дуже важлива обставина. Виявилось, що для багатьох періодичних і особливо для короткоперіодичних комет, таких, які обертаються навколо Сонця за 5—10 років, характерний дуже швидкий спад яскравості. Комети буквально за кілька десятків років з яскравого світила перетворюються в ледве помітні плямочки. Багато комет, які раніше спостерігали неозброєним оком, можна бачити лише в найпотужніші телескопи, а потім вони й зовсім зникають.

Отже, короткоперіодичні комети виникли зовсім недавно. І справді, раз речовина голови і хвоста комети так швидко вичерпується, значить, ця комета виникла недавно, інакше її речовина давно б вичерпалась. Ось який важливий висновок випливає з порівняння яскравості короткоперіодичних комет.

Було встановлено, що комети не можуть приходити до нас з міжзоряного простору, бо в цьому випадку їх орбіти були б зовсім іншими. А звідси треба зробити і другий важливий висновок: місце народження комет — сонячна система. Учені працюють над з'ясуванням того, як утворюються комети.



Комета Ахмарова — Юрлова.

У цьому питанні ще далеко не все ясно. Однак безперечним є те, що походження комет тісно зв'язане з походженням і розвитком інших небесних тіл сонячної системи — малих планет, метеорів тощо.

Комети колись розшукували візуально, тобто оком, користуючись невеликим телескопом. У телескоп астрономи пильно оглядали різні ділянки неба. Коли траплялась туманна плямочка серед зір, треба було ще упевнитися в тому, що це комета, а не туманність. Адже ми вже говорили, що на небі видно багато туманностей, що входять у нашу зоряну систему і складаються з величезних мас газу та пилу.

Відмінність тільки в тому, що комети пересуваються серед зір, а туманності здаються нерухомими.

За останні десятиріччя небо почали фотографувати спеціальними фотографічними камерами і за фотографіями відшукувати комети. Історія астрономії знає кілька імен невтомних спостерігачів — «ловців» комет. До них належав відомий радянський астроном Григорій Миколайович Неуймін. Він працював на Сімеїзькій обсерваторії (тепер Кримська астрофізична обсерваторія Академії наук) і вивчав небесні тіла. Довгими ночами він фотографував зоряне небо із спеціальними фотокамерами, які були пристосовані для астрономічних спостережень (так звані астрографи). Неуймін уславився відкриттям багатьох малих планет і ряду нових комет.

Комети з однаковим успіхом можна шукати у всіх частинах неба — візуально або за допомогою фотографії. Кожен любитель астрономії, кожна людина, яка уважно, з інтересом стежить за небом,

може відкрити комету. Тут не треба мати тривалу теоретичну підготовку до шукань. Так, наприклад, цікаву, досить яскраву комету, яку було видно неозброєним оком, відкрили в 1939 р. любителі астрономії — два радянських педагоги Ахмаров і Юрлов. Інтерес до неба і обізнаність із сузір'ями дали їм змогу першими у всьому світі побачити нове світило. Швидко повідомивши про своє відкриття в астрономічну обсерваторію, вони закріпили за собою першість відкриття. Комету Ахмарова—Юрлова навічно названо їх іменами. Повернувшись до Сонця через 7 500 років (такий період її обертання навколо Сонця), вона нагадає людям майбутнього про цих двох любителів науки.

Щороку астрономи спостерігають по кілька комет, серед них комети, які повертаються періодично, а також і нові — найчастіше невеликі комети. Наприкінці 1947 р. і наприкінці 1948 р. спостерігали великі комети, але їх було видно тільки в Південній півкулі Землі.

Неозброєним оком у 1957 р. добре було видно дві яскраві комети з хвостами. Цікаво, що другу з цих яскравих комет відкрили любителі неба ще за кілька днів до того, як її почали спостерігати учені-астрономи.

Вивчення кожної комети — надзвичайно цікавого світила — приносить нове в скарбницю науки, дає змогу вченим ще ближче підійти до повного вивчення особливостей комет та з'ясування їх походження. Пізнання властивостей цих колись загадкових небесних тіл допомагає встановити природу явищ, що відбуваються на Сонці. Комети є своєрідними показниками сонячної активності. Величезні досягнення радянської науки — штучні супутники — лабораторії, відправлені в космос. Але й комети — це теж своєрідні лабораторії, що рухаються в космічному просторі (див. рис., стор. 392—393). Треба тільки вміти читати «сигнали», що йдуть від цих небесних тіл. І астрономи, користуючись дедалі досконалішими телескопами та радіотелескопами (див. стор. 425), роблять це все дедалі краще, розкриваючи всі особливості будови комет.

«ПАДАЮЧІ ЗОРІ» І МЕТЕОРИТИ

Темної безхмарної ночі можна помітити, як раптом, ніби зірвавшись з свого місця, пролетить по небу «зоря» і миттю зникне. Така падаюча «зоря» називається метеором. Метеорні явища спостерігаються тоді, коли в атмосферу влітають з величезною швидкістю дуже дрібні тверді крупинки, які важать частки грама. Безліч таких крупинок рухається в міжпланетному просторі і майже безперервно налітає на Землю. Вони рухаються з дуже великою швидкістю, пересічно близько 30—40 *км/сек*. Це в багато разів швидше, ніж летить куля чи снаряд.

Влетівши в земну атмосферу з величезною швидкістю, метеорна частинка натрапляє на дуже великий опір повітря. Тому вона миттю нагрівається до такої високої температури, що скипає і перетворюється в розжарений газ, який швидко розсіюється в повітрі. Оцей розжарений, світний газ ми й помічаємо у вигляді метеора, який швидко пролітає по небу. Після яскравих метеорів на небі протягом кількох секунд буває видно ледве помітний слід, який світиться у вигляді тонкої ниточки.

Учені визначили, що метеори пролітають у шарі атмосфери на висоті від 55 до 120 *км* над поверхнею Землі. Таким чином, метеорні частинки ніколи не досягають земної поверхні: вони випаровуються в повітрі.

СПИСОК НАЙРЯСНІШИХ МЕТЕОРНИХ ПОТОКІВ

	Назва метеорного потоку	*Сузір'я*
З 1 по 4 січня	Квадрантиди	Дракона
» 16 » 23 квітня	Ліріди	Ліри
» 1 » 5 травня	Ета Акваріди	Водолія
» 20 » 31 липня	Дельта Акваріди	»
» 1 » 20 серпня	Персеїди	Персея
» 7 » 10 жовтня	Драконіди	Дракона
» 16 » 23 »	Оріоніди	Оріона
» 10 » 18 листопада	Леоніди	Лева
» 5 » 15 грудня	Геміниди	Близнят

МЕТЕОРНІ ПОТОКИ

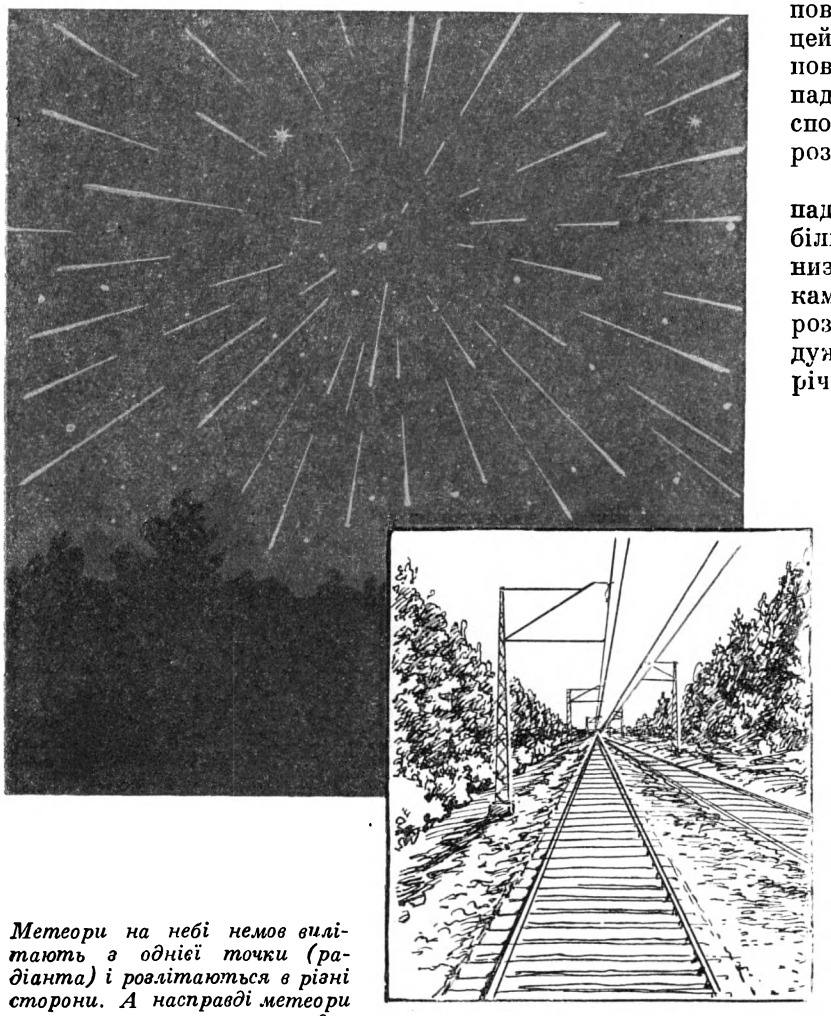
Якщо спостерігати за однією й тією самою ділянкою неба протягом години й більше, то в деякі дні року можна помітити цікаве явище: метеори, з'являючись на небі послідовно один за одним, вилітають ніби з одного місця на небі і віялом розлітаються на всі сторони. Те місце на небі, звідки ніби вилітають метеори, називається радіантом. За 2—3 години спостережень можна помітити безліч метеорів.

Земля в цей час зустрічає не окрему метеорну частинку, а цілий рій або хмару таких частинок — метеорний потік. Усі частинки потоку летять у просторі паралельно одна одній, а нам тільки через перспективу здається, що вони розлітаються. Пригадайте, що рейки залізниці або дерева уздовж алеї теж ніби розходяться з віддаленої точки, тоді як насправді вони йдуть паралельно одна одній.

Щороку в певні дні Земля перетинає орбіти рясних метеорних потоків. У цей час особливо часто з'являються метеори на певній ділянці неба. Метеорний потік називають за назвою того сузір'я, де міститься радіант потоку.

Італійський учений Скіапареллі в минулому столітті, а пізніше Бредіхін довели, що потоки метеорів рухаються по орбітах, по яких раніше рухалися зниклі комети. З'ясувалось, що потоки метеорів — це продукти поступового розпаду кометних ядер. Іноді цей розпад відбувається не поступово, а дуже швидко. Відомі випадки, коли ядра комет на очах у спостерігачів протягом кількох діб розпадалися на кілька частин.

Після часткового чи повного розпаду ядра комети перед нею, а ще більше услід за нею уздовж орбіти низкою витягуються пилинки і дрібні камінці—метеори. Усі вони поступово розсіюються, і, коли низка їх стає дуже широкою, можливість їх зустрічі з Землею зростає.



Метеори на небі немов вилітають з однієї точки (радіанта) і розлітаються в різні сторони. А насправді метеори рухаються паралельно один одному. Таке явище спостерігається і тоді, коли дивитися уздовж полотна залізниці, як це показано на рисунку.

«ЗОРЯНІ ДОЩІ»

Іноді метеорні потоки бувають такі рясні, що спостерігається справжній «зоряний дощ». Щохвилини по небу розлітається сотні й тисячі метеорів. Такий «зоряний дощ» спостерігали, наприклад, увечері 9 жовтня 1933 р. Він тривав півтори години. У Ленінграді, де в той час небо було безхмарним, юрби людей зупинялись на вулицях, любуючись цим своєрідним небесним фейєрверком.

«Зоряний дощ» було видно в багатьох місцях нашої Батьківщини і в зарубіжних країнах. Марновірні люди розглядали це цікаве явище природи як «небесне знамення». У Португалії, наприклад, люди на

заклик священиків тікали в церкви, думаючи, що настав кінець світу.

Тим часом цей «зоряний дощ» був зумовлений тим, що Земля, перетинаючи орбіту порівняно невеликого метеорного потоку, потрапила в хмару, або згущення, метеорних частинок, які на своєму шляху залишила комета. Ці частинки у великій кількості і залетіли в земну атмосферу. Як тільки Земля під час свого руху вийшла з цієї хмари, припинився і «зоряний дощ» (див. рис., стор. 408—409).

«Зоряні дощі», подібні до описаного, бувають досить рідко — приблизно разів п'ять за століття.

ВОГНЯНІ КУЛІ — БОЛІДИ

Нерідко в земну атмосферу влітає досить велика метеорна частинка. Вона важить вже не частки грама, а кілограми і тонни. Це вже не частинка, а метеорне тіло. Коли метеорне тіло влітає в атмосферу, то з Землі видно, як по небу мчить вогняна куля, так званий болід. За ним тягнеться вогняний хвіст, сиплються іскри і потім залишається ледве помітний світний туманний слід.

Болід пролітає за кілька секунд, а слід після нього можна спостерігати десятки хвилин і навіть більше години. Він безперервно змінює свою форму, вигинається в усі сторони, а потім розривається на частини. Причина цього явища — ураганний вітер, який завжди дме у верхніх шарах атмосфери. Вітер розносить і розриває слід болідa. Під час польоту болідa місцевість освітлюється яскравим мерехтливим світлом.

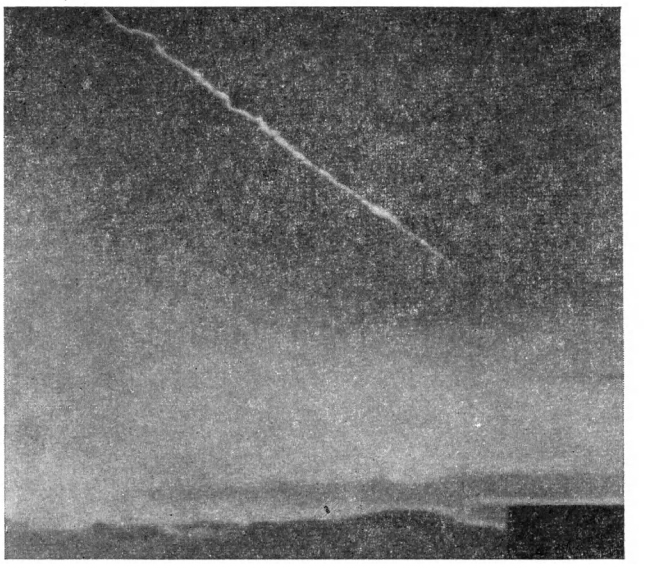
Іноді, особливо коли летить яскравий і великий болід, через кілька хвилин після його зникнення чути гуркіт з розкотами.

Колись давно політ болідів викликав забобонний страх у народі. Боліди з їх вогняними хвостами і звивистими слідами забобонні люди приймали за вогненних зміїв або драконів.

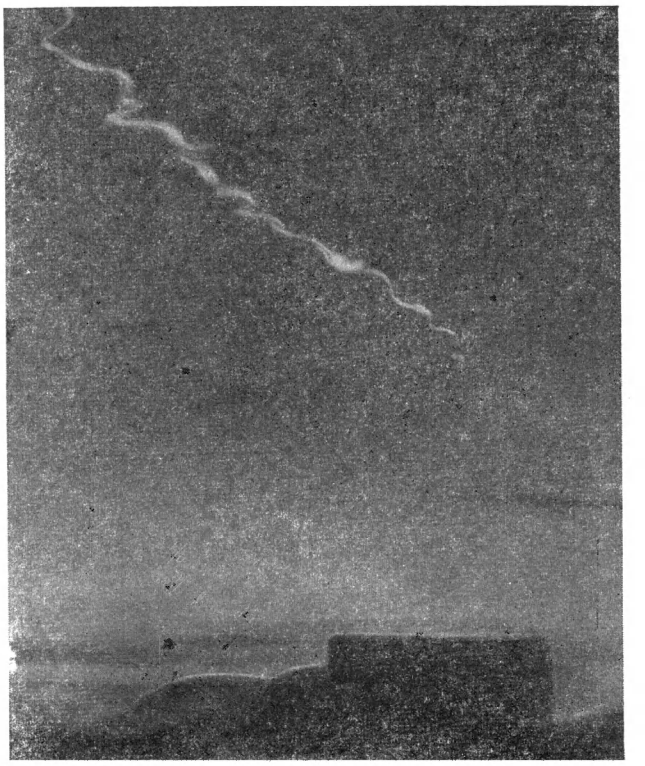
ЩО ТАКЕ МЕТЕОРИТИ

Метеоритами називають камені або куски заліза, які падають на Землю з міжпланетного простору. Метеорити зовні непоказні: сірі, чорні або чорно-бурі куски каміння або заліза. Проте метеорити — тепер єдині позаземні тіла, доступні для безпосереднього вивчення. Ми можемо в лабораторії дослідити їх хімічний і мінеральний склад, структуру та різні фізичні властивості.

Політ болідa в земній атмосфері:



1. Слід болідa, що влетів у земну атмосферу



2. Зміна сліду болідa під дією повітряних течій.

3. Зміна сліду боліда під дією повітряних течій.

4. Зміна сліду боліда під дією повітряних течій.

Вивчення метеоритів допомагає астрономам дізнатись про історію небесних тіл.

Про падіння метеоритів люди знали з давніх-давен. У деяких стародавніх народів метеорити протягом століть були предметом вшановування та поклоніння як «посланці бога». Їх зберігали в храмах, носили при церковних відправах, клали в домовину, ховаючи покійників. З нагоди падіння метеоритів нерідко влаштовувались церковні відправи, а на місцях падіння метеоритів споруджували храми, які давали великі прибутки ревнителям релігії.

У м. Мекка (Саудівська Аравія) і тепер ще зберігається кам'яний метеорит, що називається «чорним каменем». Його вмуровано в стіну храму Кааба, і до нього щороку приходять на поклоніння віруючі магометани.

У старовинних літописах є дуже багато записів про падіння метеоритів. Найдавніший запис про метеорити в руських літописах свідчить про падіння метеорита в 1091 р. Це було майже дев'ять століть тому!

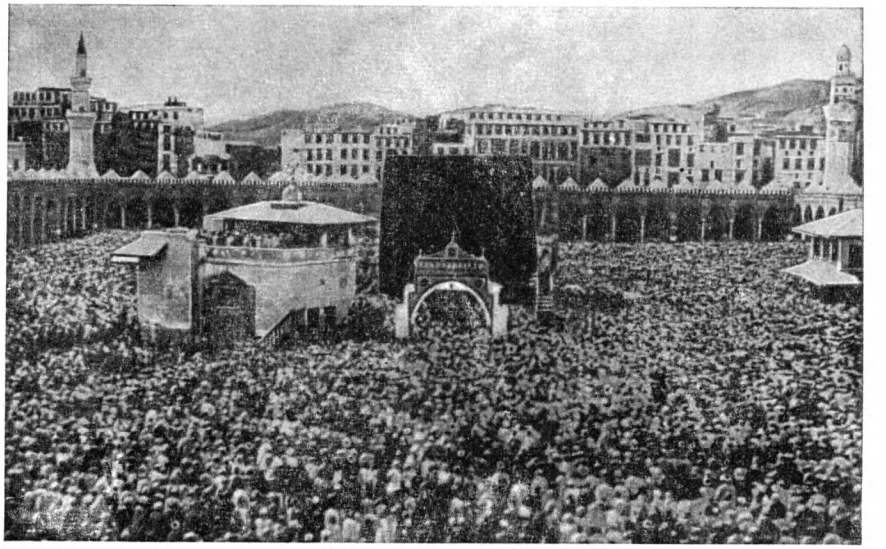
Довгий час вчені приймали знайдені метеорити за земні камені. Навіть наприкінці XVIII ст. деякі члени Паризької академії наук твердили, що падіння каменів з неба «фізично неможливі». Але в цей самий час з ініціативи академіка П. С. Палласа доставили з Сибіру до Петербурга велику залізну брилу, що важила більше півтонни. Її знайшов коваль Медведєв на березі р. Єнісею ще в 1749 р. Цю брилу назвали Паллассовим залізом. Її дуже пильно вивчав Е. Ф. Хладні — видатний німецький фізик, який приїжджав у 1794 р. до Петербурга. Він прийшов до висновку, що Палласове залізо і деякі інші кам'яні та залізні уламки, які він вивчав, упали на Землю з міжпланетного простору. Про це Е. Ф. Хладні написав спеціальну книжку, надруковану в Ризі в 1794 р.

Так уперше було доведено позаземне походження метеоритів і можливість падіння їх на Землю. Більшість учених мусила визнати це відкриття Е. Ф. Хладні.

У 1807 р. у Харкові було надруковано першу книжку про метеорити російською мовою. Її написав професор фізики А. І. Стойкович. У 1819 р. вийшла друга книжка про метеорити, яку написав хімік Іван Мухін.

Проте найуспішніші і всебічні дослідження метеоритів та розшуки їх почалися в нашій країні тільки після Великої Жовтневої соціалістичної революції, коли наука в нашій країні здобула необмежені можливості для свого розвитку. Над вивченням метеоритів працювали найвизначніші вчені — академіки В. І. Вернадський, О. Є. Ферсман, відомий ентузіаст дослідження метеоритів Л. О. Кулик та багато інших.

В Академії наук СРСР є спеціальний комітет, який керує збиранням, вивченням та зберіганням метеоритів. При комітеті є велика метеоритна колекція, одна з найкращих в Європі. Невеликі метеоритні колекції зібрано в багатьох містах нашої країни. Усі вони доступні для огляду.



Поклоніння віруючих мусульман «чорному каменю» (метеориту), замурованому в стіну храму Кааба, у місті Мекка (Саудівська Аравія).

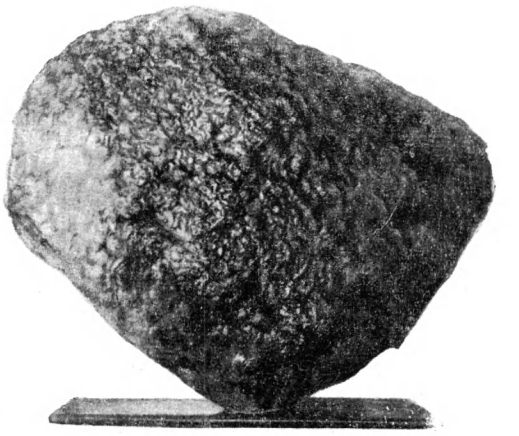
ЯК ПАДАЮТЬ МЕТЕОРИТИ

Метеорити падають раптово, у будь-який час і в будь-якому місці земної кулі. Їх падіння завжди супроводиться дуже сильними світловими та звуковими явищами. По небу в цей час протягом кількох секунд проноситься дуже великий і сліпуче яскравий болід. Якщо метеорит падає вдень при безхмарному небі та яскравому сонячному освітленні, то болід не завжди можна побачити. Проте після його польоту на небі все-таки залишається схожий на дим клубчастий слід, а на місці зникнення боліда виникає темна хмарка.

Болід, як ми вже знаємо, з'являється тому, що в земну атмосферу влітає з міжпланетного простору метеорне тіло — камінь. Якщо воно велике і важить сотні кілограмів, то не встигає цілком розпилитися в атмосфері. Рештки такого тіла падають на Землю у вигляді метеорита. Отже, не завжди після польоту боліда може впасти метеорит. Але, навпаки, падінню кожного метеорита завжди передує політ боліда.

Влетівши в земну атмосферу із швидкістю 15—20 *км/сек*, метеорне тіло вже на висоті 100—120 *км* над Землею натрапляє на дуже великий опір повітря. Повітря перед метеорним тілом миттю стискується і через це розігрівається; утворюється так звана «повітряна подушка». Саме тіло нагрівається з поверхні дуже сильно, до температури кілька тисяч градусів. У цей момент і стає помітним болід, що летить по небу.

Поки болід мчить з великою швидкістю в атмосфері, речовина на його поверхні розплавляється від високої температури, скипає, перетворюється в газ і частково розбризкується дрібнісінькими крапельками. Метеорне тіло безперервно зменшується, воно ніби тане. Коли випаровуються і розбризкуються частинки, з них утворюється слід, який лишається після польоту боліда. Та ось тіло під час свого руху потрапляє в нижній, густіший шар атмосфери, де повітря дедалі більше гальмує його рух. Нарешті, на висоті близько 10—20 *км* над земною поверхнею тіло цілком втрачає свою космічну швидкість. Воно ніби загрузає в повітрі. Ця частина шляху називається дільницею затримки. Метеорне



Залізний метеорит «Палласове залізо», знайдений у 1749 р. на березі ріки Єнісею в Сибіру. Вага метеорита понад 600 кГ. Зберігається в колекції Академії наук СРСР у Москві.

«Ущелина Диявола», або Арізонський метеоритний кратер. Цей кратер утворився в далекому минулому в результаті падіння і вибуху гігантського метеорита на території теперішнього штату Арізона у США. Діаметр кратера 1200 м, глибина його 170 м.

тіло перестає нагріватись та світитись. Його рештки, не встигши цілком розпилитись, падають на Землю під дією сили притягання, як звичайний кинутий камінь.

Метеорити падають дуже часто. Мабуть, щодня де-небудь на земній кулі падає кілька метеоритів. Проте більшість з них, потрапляючи в моря та океани, у полярні країни, пустині й інші малонаселені місця, залишаються нерозшуканими. Тільки дуже невелике число метеоритів, у середньому 4—5 на рік, стає відомим людям. На всій земній кулі досі знайдено близько 1600 метеоритів; з них 125 виявлено в нашій країні.

Майже завжди метеорити, пролітаючи з космічною швидкістю в земній атмосфері, не витримують того величезного тиску, що його чинить на них повітря, і розколюються на багато кусків. У цих випадках на Землю падає звичайно не один, а кілька десятків і навіть сотень і тисяч осколків, що утворюють так званий метеоритний дощ.

Повалений вибуховою хвилею ліс навколо місця падіння Тунгуського метеорита.

Метеорит досягає Землі тільки теплим або гарячим, але не розжареним, як багато хто думає. Пояснюється це тим, що метеорит проходить крізь земну атмосферу лише за кілька секунд. За такий малий час він не встигає прогрітись і всередині залишається таким самим холодним, яким був у міжпланетному просторі. Через те метеорити при падінні на Землю не можуть спричинити пожежі, навіть коли вони випадково впадуть на предмети, які легко займаються.

Величезний метеорит, що важить сотні тисяч тонн, не може загальмуватися в повітрі. З величезною швидкістю, яка перевищує 4—5 *км/сек*, він вдариться об Землю. При ударі метеорит вмить нагріється до такої високої температури, що іноді може цілком перетворитися в розжарений газ, який з величезною силою поширюється на всі сторони і спричинить вибух. На місці падіння метеорита утвориться воронка — так званий метеоритний кратер, а від метеорита залишаться навколо кратера тільки невеликі осколки.

У різних місцях земної кулі знайдено багато метеоритних кратерів. Усі вони утворилися в далекому минулому при падінні велетенських метеоритів. Величезний метеоритний кратер, який називається Арізонським, або «Ущелиною Диявола», є в США. Його поперечник дорівнює 1200 *м*, а глибина — 170 *м*. Навколо кратера вдалося зібрати багато тисяч дрібних осколків залізного метеорита загальною вагою близько 20 *Т*. Але, звичайно, метеорит, що тут впав і вибухнув, важив у багато разів більше; за підрахунками вчених, його вага досягала багатьох тисяч тонн. Найбільший кратер виявлено в 1950 р. у Канаді; його поперечник 3600 *м*, але, щоб розв'язати питання про походження цього гігантського кратера, потрібні будуть ще дальші дослідження.

Вранці 30 червня 1908 р. у глухій сибірській тайзі впав гігантський метеорит; його назвали Тунгуським, бо це сталося недалеко від річки Підкам'яної Тунгуски. При падінні цього метеорита по всьому Центральному Сибіру було видно великий сліпучо яскравий болід, який пролетів з південного сходу на північний захід. Через кілька хвилин після того як зник болід, повітря розітнули

удари величезної сили, а потім чути було великий гуркіт і гул. У багатьох селищах у вікнах потріскались шибки, з полиць попадав посуд. Удари, схожі на вибухи, чути було на віддалі понад 1000 *км* від місця падіння метеорита.

Вивчати цей метеорит вчені почали після Жовтневої революції. Уперше тільки в 1927 р. на місце падіння метеорита проник науковий співробітник Академії наук СРСР Л. О. Кулик. Коли весною розлилися тайгові річки, він на плотах з провідниками евенками пробрався в «країну мертвого лісу», як цю місцевість почали називати евенки після падіння метеорита. Тут на величезній площі, радіусом 25—30 *км*, Кулик виявив повалений ліс. Дерева на всіх підвищених місцях лежали з вивернутим корінням, утворюючи велетенське віяло навколо місця падіння метеорита. Кілька експедицій, проведених Куликом, вивчали місця падіння метеорита. Було сфотографовано з повітря центральну частину ділянки поваленого лісу і розкопано кілька ям, які спочатку помилково прийняли за метеоритні воронки. Осколків Тунгуського метеорита не знайшли. Можливо, що під час вибуху Тунгуський метеорит цілком перетворився в газ і ніяких значних осколків від нього не лишилось.

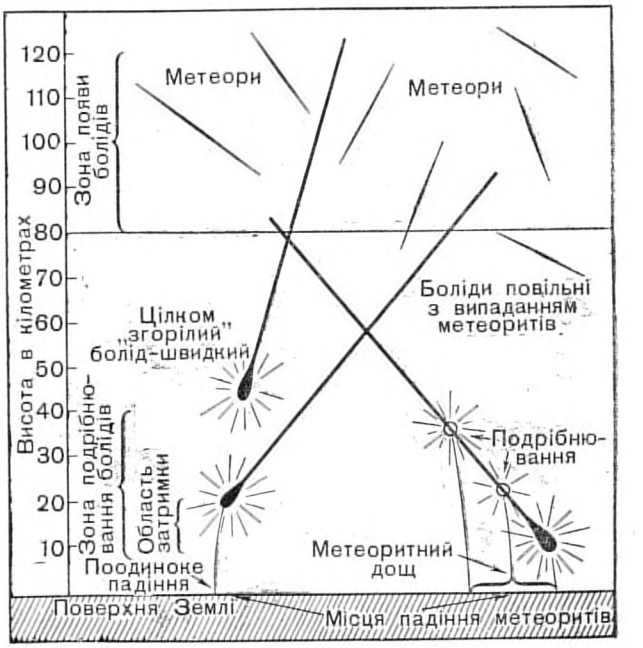
Улітку 1957 р. радянський вчений А. А. Явнель дослідив зразки грунту, доставлені Л. О. Куликом з району падіння метеорита ще в 1929—1930 рр. У цих зразках грунту виявлено дрібнісінькі частинки Тунгуського метеорита. Тепер у районі падіння метеорита працює експедиція Комітету по метеоритах Академії наук СРСР.

Тихого і морозного ранку 12 лютого 1947 р. сліпучо-яскрава вогняна куля — болід — з величезною швидкістю промчала на фоні блакитного неба над радянським Примор'ям. Оглушливий гуркіт пролунав після його зникнення. Розчинилися двері в будинках, полетіли із дзвоном осколки шибок, посипалась із стель штукатурка, з печей було викинуто полум'я з попелом і дровами. Тварини металися в панічному страху. На небі услід за вогняною кулею утворився величезний, схожий на дим слід у вигляді широкої смуги. Незабаром слід почав вигинатись і, немов казковий велетенський змій, розпростерся по небу. Поступово слабшаючи і розриваючись на окремі клапті, слід зник тільки надвечір.

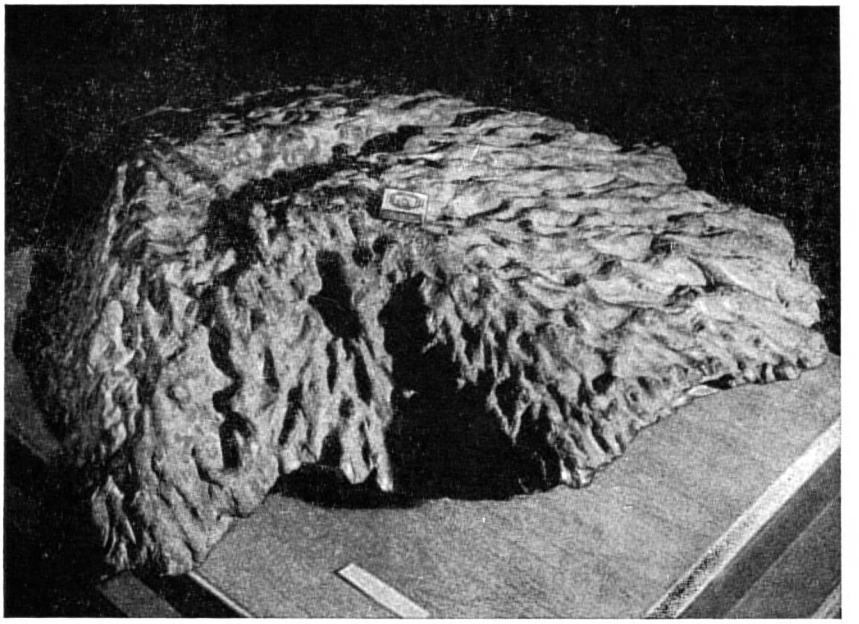
Усі ці явища були наслідком падіння величезного залізного метеорита, який дістав назву Сіхоте-Алінського (він упав у західних відрогах гірського хребта Сіхоте-Алінь). Чотири роки Комітет по метеоритах Академії наук СРСР займався вивченням падіння цього метеорита і збирав його частини. Метеорит ще в повітрі розколовся на тисячі частин і випав метеоритним дощем на площі кількох квадратних кілометрів. Найбільші частини — «краплі» цього залізного дощу — важили по кілька тонн.

Одна з найбільших воронок, що утворилась на місці падіння Сіхоте-Алінського метеорита.

На місці падіння метеорита було виявлено 200 метеоритних воронок діаметром від десятків сантиметрів до 28 *м*. Найбільша воронка



Рух в атмосфері метеорів, болідів і метеоритів.



Найбільший осколок залізного метеорита, що впав під час Сіхоте-Алінського метеоритного дощу. Вага осколка метеорита 1745 кГ.

має глибину 6 *м*; у ній міг би вміститися двоповерховий будинок.

Учасники експедиції за весь час робіт зібрали і вивезли з тайги понад 7000 метеоритних осколків загальною вагою близько 23 *Т*. Найбільші осколки важать 1745, 700, 500, 450 і 350 *кГ* (див. рис., стор. 408—409).

Тепер у Комітеті по метеоритах йде старанна наукова обробка всього зібраного матеріалу. Провадиться аналіз хімічного складу метеоритної речовини, вивчається її структура, а також обстановка падіння метеоритного дощу й умови руху метеорного тіла в земній атмосфері.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД І РОЗМІРИ МЕТЕОРИТІВ

Головна ознака метеоритів — це так звана кора плавлення. Вона має товщину не більш як 1 *мм* і з усіх боків вкриває метеорит у вигляді тонкої шкаралупи. Особливо добре помітна кора чорного кольору на кам'яних метеоритах.

Другою ознакою метеоритів є характерні ямки на їх поверхні. Звичайно метеорити мають форму уламків. Але іноді бувають метеорити точної конусоподібної форми. Вони нагадують головку снаряда. Така конусоподібна форма утворюється в результаті «обточуючої» дії повітря.

Найбільший метеорит знайдено в 1920 р. в Африці. Метеорит цей залізний і важить близько 60 *Т*. А звичайно метеорити важать по кілька кілограмів. Метеорити вагою в десятки, а тим більше сотні кілограмів падають дуже рідко. Найменші метеорити важать частки грама. Наприклад, на місці падіння Сіхоте-Алінського метеорита знайдено найменший екземпляр у вигляді крупинки вагою лише 0,18 *Г*; поперечник цього метеорита дорівнює тільки 4 *мм*.

Найчастіше падають кам'яні метеорити: у середньому на 16 метеоритів, які досягли Землі, припадає тільки один залізний.

З ЧОГО СКЛАДАЮТЬСЯ МЕТЕОРИТИ

Вивчаючи хімічний склад метеоритів, учені встановили, що метеорити складаються з тих самих хімічних елементів, які є й на Землі. Ніяких нових елементів у них не знайдено.

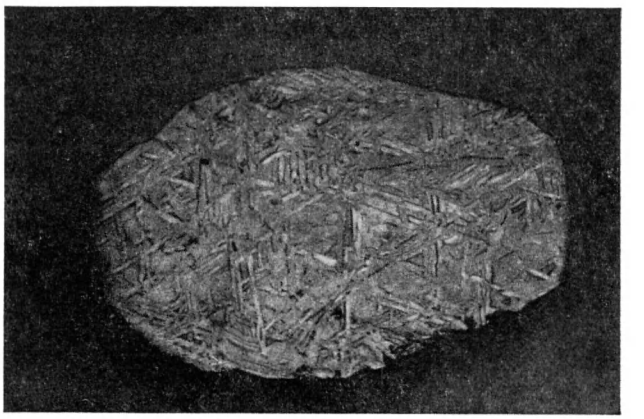
Найчастіше метеорити складаються з таких восьми хімічних елементів: заліза, нікелю, сірки, магнію, кремнію, алюмінію, кальцію та кисню. Усі інші хімічні елементи таблиці Менделєєва є в метеоритах в дуже малих, мікроскопічних кількостях. Сполучаючись між собою хімічно, ці елементи утворюють різні мінерали. Більшість цих мінералів знайдено в земних гірських породах. І зовсім у мізерних кількостях у метеоритах виявлено такі мінерали, яких немає і не може бути на Землі, бо вона має атмосферу з великим вмістом кисню. Сполучаючись з киснем, ці мінерали утворюють вже інші речовини.

Залізні метеорити майже цілком складаються з заліза в сполуці з нікелем, а кам'яні метеорити — головним чином з мінералів, що називаються силікатами. Вони складаються із сполук магнію, алюмінію, кальцію, кремнію і кисню.

Особливо цікава внутрішня будова залізних метеоритів. Їх відполіровані поверхні стають блискучими, як дзеркало. Якщо протравити таку поверхню слабким розчином кислоти,

то звичайно на ній утворюється вигадливий рисунок, що складається з окремих смужок та вузьких каймок, що переплітаються між собою. На поверхнях деяких метеоритів після травлення показуються паралельні тонкі лінії. Усе це результат внутрішньої кристалічної будови залізних метеоритів.

Не менш цікава структура кам'яних метеоритів. Коли подивитись на злом кам'яного метеорита, то часто навіть неозброєним оком можна помітити маленькі округлі кульки, розкидані по поверхні злому. Ці кульки іноді досягають розміру горошини. Крім них, у зломі видно розсіяні дрібнісінькі блискучі частинки білого кольору. Це—включення нікелистого заліза. Серед таких частинок трапляються золотисті блискітки — вкраплення мінералу, що складається з заліза в сполуці з сіркою. Бувають метеорити, які нагадують залізну губку, у пустотах якої є зерна жовтувато-зеленого кольору мінералу олівіну.



Уворчаста будова залізного метеорита.

ПОХОДЖЕННЯ МЕТЕОРИТІВ

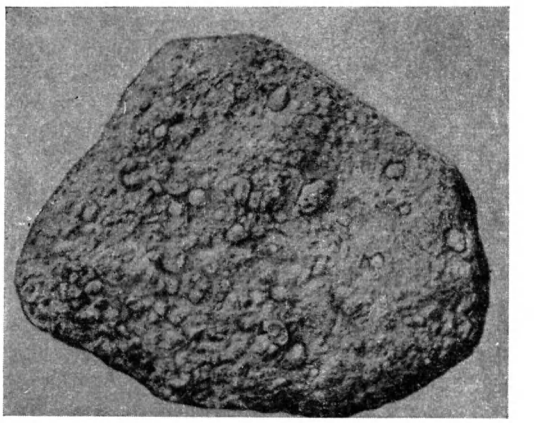
Більшість учених вважає, що метеорити — це осколки одного або (що ймовірніше) кількох великих небесних тіл, подібних до астероїдів, які раніше існували в сонячній системі.

Радянські вчені — академік В. Г. Фесенков, С. В. Орлов та ін.— вважають, що астероїди та метеорити тісно зв'язані між собою. Астероїди — це велетенські метеорити, а метеорити — це зовсім маленькі, карликові астероїди. Ті й другі є о с к о л к а м и п л а н е т, які мільярди років тому рухались навколо Сонця між орбітами Марса і Юпітера. Ці планети в результаті, очевидно, зіткнення розпались на частини. Утворилась безліч осколків різного розміру, аж до дрібнісіньких крупинок. Ці осколки носяться тепер у міжпланетному просторі і, стикаючись з Землею, падають на неї у вигляді метеоритів.

ДОПОМОГА НАСЕЛЕННЯ В ЗБИРАННІ МЕТЕОРИТІВ

Метеорити падають завжди несподівано, і не можна наперед сказати, коли й де це станеться. Тому спеціалісти не можуть заздалегідь підготовитись, щоб спостерігати падіння метеоритів. Тим часом вивчення рухів метеорних тіл у земній атмосфері має дуже велике наукове значення.

Крім того, спостерігаючи болід, можна приблизно визначити місце, де міг упасти



Кам'яні метеорити.

метеорит, і там його розшукати. Через те вченим в їх роботі велику допомогу може подати населення, якщо очевидці падіння метеорита докладно опишуть усі ті явища, які вони помітили під час руху боліда і падіння на Землю метеорита.

Маючи багато таких описів з різних населених пунктів від очевидців, можна досить точно визначити шлях метеорного тіла в земній атмосфері, висоту появи та зникнення боліда, а також нахил і напрям його шляху. Повідомлення про метеорити слід адресувати до Комітету по метеоритах Академії наук СРСР[1].

Знайдений метеорит ні в якому разі не можна дрібнити. Треба вжити усіх заходів, щоб його зберегти й передати Комітету по метеоритах.

Описуючи явища болідів, треба, по змозі, відповісти на такі запитання: 1) дата і час падіння; 2) місце спостереження; 3) напрям руху боліда; 4) тривалість польоту боліда в секундах; 5) розміри боліда порівняно з видимими розмірами Місяця або Сонця; 6) колір боліда; 7) чи була освітлена місцевість під час польоту боліда; 8) чи спостерігалось дробіння боліда; 9) чи залишився після боліда слід; які його форма і наступні зміни, а також тривалість видимості; 10) які звуки спостерігались під час польоту боліда та після його зникнення.

В описі треба також вказати прізвище, ім'я, по батькові та адресу спостерігача.

[1] Адреса Комітету по метеоритах Академії наук СРСР: Москва, Ж-127, вул. Осипенко, б. 52.

ЗОРЯНИЙ СВІТ. ВСЕСВІТ

СКІЛЬКИ ЗІР НА НЕБІ

Чи можна полічити зорі? — запитаєте ви. На перший погляд здається, що це неможливо — усе небо усіяне зорями. Проте астрономи давно вже перелічили всі зорі, які видно не тільки простим оком, а й у телескоп. Вони нанесли їх на карти зоряного неба. Астрономи склали докладні списки величезного числа зір — зоряні каталоги. По цих списках можна не тільки точно сказати, скільки видно зір, а й знайти точне місце кожної з них на небі. Більш того, астрономи дуже багато взнали про фізичну природу зір — про їх рухи, віддалі від сонячної системи, розміри, температуру і про інші так звані «фізичні характеристики» зір.

Скільки ж зір видно на небі неозброєним оком? Відповідь може бути різною, і ось чому. По-перше, зір у різних людей неоднаковий: один бачить більше зір, другий — менше. По-друге, умови спостереження можуть бути різними.

Звичайно вдається бачити на небі в один будь-який момент над горизонтом кілька сотень зір.

Усього на небі близько 6 тисяч зір, доступних неозброєному оку; зірке око бачить зорі до 6-ї величини (про те, що таке зоряна величина, див. стор. 324). Але не всі з цих 6 тисяч зір можна бачити в Північній півкулі Землі — багато видно тільки в Південній півкулі. У найпотужніші телескопи видно сотні мільйонів зір.

ЯК ДАЛЕКО ВІД НАС ЗОРІ

Важко було встановити, на якій віддалі від нас знаходяться зорі. Ще в стародавні часи астрономи зрозуміли, що зорі перебувають далі від Землі, ніж її супутник — Місяць і інші планети. Спостерігаючи небо, вони помічали, що Місяць, переміщаючись по небу, закриває то одну, то другу зорю, але жодна зоря ніколи не буває перед Місяцем. Іноді і планети, наприклад Юпітер, закривають зорі на своєму шляху. Значить, зорі знаходяться далі від планет.

Але наскільки далі? Вже Коперник вказав, що зорі перебувають на величезних віддалях і тільки через те не можна помітити тих зміщень положень зір на небі, які неминуче мають бути внаслідок руху Землі разом із зорями в світовому просторі (див. стор. 341).

Таких зміщень зір астрономи не могли помітити ще майже три століття після Коперніка, хоч за цей час було досягнуто величезних успіхів в конструкції астрономічних

Падіння Сіхоте-Алінського метеорита.

Зоряний дощ у Ленінграді.

інструментів і в точності спостережень. У середині XVIII ст. видатні вчені Брадлей (в Англії) і Ламберт (у Німеччині) прийшли до незаперечного висновку, що віддалі навіть до найближчих зір у сотні тисяч разів перевищують віддаль від Землі до Сонця. Але точно виміряти віддалі до зір вони все-таки не змогли.

Уперше в історії науки В. Я. Струве виміряв віддаль до зорі (див. стор. 474). Він багато разів вимірював положення Веги і прийшов до висновку, що Вега зміщується за півроку на кут близько $^1/_4$ секунди дуги. Під таким малим кутом з Веги має бути видно діаметр земної орбіти — інакше кажучи, подвійну віддаль від Землі до Сонця, а саму цю віддаль — під кутом $^1/_8$ секунди дуги.

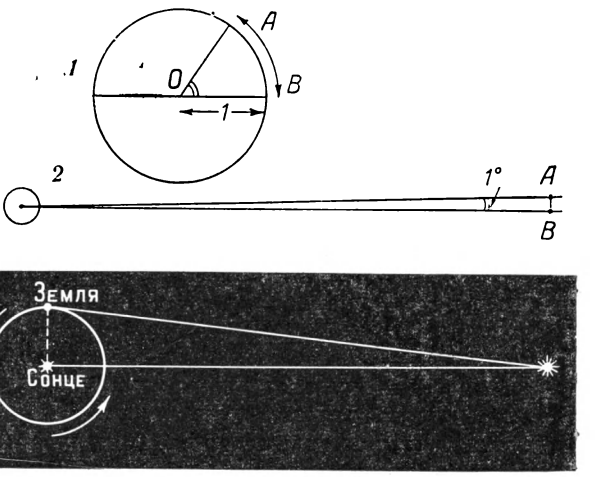
Відомо, що круг поділяється на 360 градусів по 60 кутових мінут у кожному градусі, а кожна мінута — на 60 секунд. Значить, у крузі 1 296 000 кутових секунд.

Якщо радіус земної орбіти з Веги видно під кутом близько $^1/_8$ частки секунди, або близько $^1/_{10\,000\,000}$ частки кола (астрономи називають цей кут паралаксом даної зорі), значить, віддаль до цієї зорі дорівнює майже 250 трильйонам (250 000 000 000 000) кілометрів.

Такими числами користуватись, звичайно, незручно. Для позначення великих віддалей астрономи застосовують більші одиниці довжини. Одна з них — *світловий рік*. Так коротко позначається віддаль, яку промінь світла проходить за рік із швидкістю близько 300 000 *км/сек*. Світловий рік — це близько 9,5 трильйона кілометрів (9 500 000 000 000); коротко його можна записати так: $9{,}5 \times 10^{12}$ *км*.

Астрономи користуються і іншою мірою віддалей до зір. Якщо круг містить 1 296 000 кутових секунд, то радіус його (радіан) становить 206 265 кутових секунд (57°,3). Якби радіус земної орбіти можна було бачити з якого-небудь небесного тіла під кутом 1 секунда кола, то це означало б, що віддаль до цього тіла в 206 265 раз перевищує радіус земної орбіти, так звану «астрономічну одиницю», і становить близько 31 трильйона *км* (скорочено можна написати $3{,}1 \times 10^{13}$ *км*), або $3^1/_4$ світлового року. Цю величину астрономи назвали паралакс-секунда, або скорочено *парсек*.

Вега перебуває від нас на віддалі 8 парсек, або 26,5 світлового року. Щоб пролетіти таку віддаль, літаку ТУ-104 треба було б затратити сорок мільйонів років.



Схема, що показує, як В. Я. Струве визначив віддаль до зорі Вега.

1. Дуга *AB* дорівнює по довжині радіусу *OA*. Вона спостерігається з центра кола під кутом 57°,3, який становить 206 265″ дуги.

2. Якщо ми бачимо якийсь предмет під кутом 1°, то це значить, що він перебуває на віддалі, яка в 57,3 раза більша проти його лінійних розмірів.

3. Якщо радіус земної орбіти в Веги видно під кутом $^1/_8$ сек., то віддаль до цієї зорі становить 250 трильйонів *км*.

Вега справді одна з порівняно близьких до нас зір, але не найближча. З яскравих зір найближча до нас зоря альфа в сузір'ї Центавра, але її не видно в СРСР. Її можна бачити в південних країнах. Світло від неї йде до нас 4,3 року.

До теперішнього часу таким способом встановлено віддалі до багатьох тисяч зір.

Але при всій точності, якої досягли астрономи у вимірюванні зоряних паралаксів, цей спосіб застосовний тільки для визначення віддалей до порівняно близьких зір. Для далеких зір, які перебувають від нас на віддалі сотень, тисяч і десятків тисяч світлових років, він не придатний: кути виходять такі малі (соті і тисячні частки секунди), що не піддаються вимірюванню. Астрономи знайшли й інші цілком достовірні способи для вимірювання віддалей далекіших зір. В результаті тепер відомо точні віддалі до десятків тисяч окремих зір, а до ще більшого числа зір віддаль можна оцінити наближено.

Якщо зорі можна бачити з неймовірно великих віддалей, значить, вони повинні мати величезну силу світла (світність). Зорі — це дуже далекі від нас сонця. Деякі з них випромінюють світла далеко більше, ніж наше величезне Сонце.

ПРО СВІТНІСТЬ ЗІР

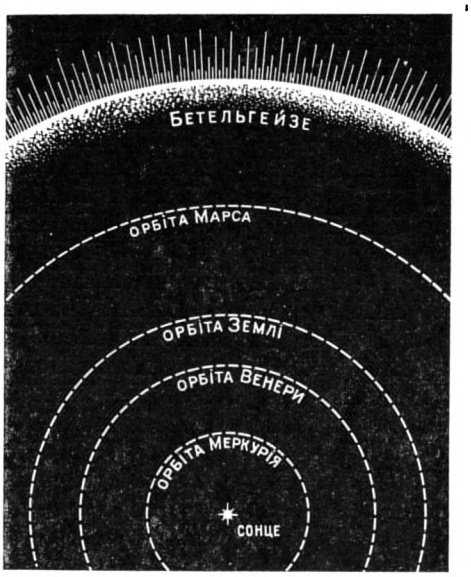
Довгий час астрономи вважали, що відмінність видимого блиску зір зв'язана тільки з віддаллю до них: чим далі зоря, тим менш яскравою вона повинна здаватись. Але коли стали відомі віддалі до зір, астрономи встановили, що іноді далекіші зорі мають більший видимий блиск. Значить, видимий блиск зір залежить не тільки від їх віддалей, але також від справжньої сили їх світла, від їх с в і т н о с т і.

Світність зорі залежить від розмірів поверхні зорі та від її температури.

Світність зорі показує її справжню силу світла порівняно з силою світла Сонця. Отже, коли говорять, що світність Сіріуса дорівнює 17, це означає, що справжня сила його світла перевищує силу світла Сонця в 17 раз.

Визначаючи світність зір, астрономи встановили, що є багато зір, які в тисячі разів яскравіші від Сонця. Наприклад, світність Рігеля (бета Оріона) — 23 000, Денеба (альфа Лебедя) — 9400. Серед зір є й такі, які випромінюють у сотні тисяч разів більше світла, ніж Сонце. Наприклад, зоря, що позначається буквою S (ес) у сузір'ї Золотої Риби, світить у 1 000 000 раз яскравіше, ніж Сонце. Наше променисте Сонце порівняно з нею — те саме, що звичайна свічка порівняно з прожектором. Інші зорі мають однакову або майже однакову з нашим Сонцем світність: наприклад, світність альфи Центавра — 1, Проціона (альфа Малого Пса) — 6, Альтаїра (альфа Орла) — 8. Є й такі зорі, світність яких позначається тисячними частками, тобто їх сила світла в сотні разів менша, ніж Сонця. Світність зорі — супутника Проціона майже в дві з чимось тисячі разів менша, ніж у Сонця; світність супутника Сіріуса слабша від сонячної у сто з чимось разів.

В однієї із слабких зірочок, яка не має окремої назви, така мала світність, що її силу світла можна уподібнити світлу свічки поряд з потужним прожектором, яким слід тоді зобразити Сонце.



Зоря Бетельгейзе така велика, що всередині її могло б розміститися Сонце і орбіти ряду планет сонячної системи, включаючи орбіту Марса.

КОЛІР, ТЕМПЕРАТУРА І СКЛАД ЗІР

Зорі мають помітно різний колір. Наприклад, Вега і Денеб — білі, Капелла — жовтувата, Бетельгейзе — червонувата. Чим нижча температура зорі, тим вона червоніша. Сонце належить до розряду жовтих зір. Його поверхнева температура близько 6000°. Температура білих зір досягає 30 000° і навіть 100 000°, а температура червоних зір 3000° і нижче.

Хоч яка мала кількість тепла, що надходить від зір, її вдалося виміряти. Ця робота дуже складна, копітка, вимагає величезної точності. Вивчаючи спектри, астрономи роблять висновки про температуру далеких небесних тіл.

Спектральний аналіз (див. стор. 355) показав, що зорі, подібно до Сонця, складаються з розжарених газоподібних речовин: водню, гелію, заліза, натрію, вуглецю, кисню та ін.

ЗОРІ-ГІГАНТИ І ЗОРІ-КАРЛИКИ

Астрономи вже склали класифікацію зір за їх світністю. Зорі, що випромінюють у тисячі разів більше світла, ніж Сонце, називаються з о р я м и - г і г а н т а м и. А зорі із ще більшим випромінюванням — надгігантами. Навпаки, зорі з малою світністю дістали назву з і р - к а р л и к і в. Наше Сонце і за своєю світністю і за розмірами — середня зоря.

Серед зір, які можна бачити простим оком і в невеликі телескопи, більшість це гіганти і надгіганти. Пояснюється це тим, що тільки такі зорі видно з величезних віддалей. Насправді ж у зоряному світі карликів далеко більше, ніж гігантів. Здебільшого ці назви — «гіганти» і «карлики» — говорять і про розміри зір, тобто про те, що гіганти дуже великі, а карлики дуже малі.

Так, діаметр зорі Бетельгейзе в 350 раз перевищує діаметр Сонця. Є зорі, що діаметром перевищують Сонце в 1000—2000 раз, а щодо об'єму — у кілька мільярдів разів.

Але є зорі, значно менші, ніж Сонце. Серед них особливо виділяються так звані «білі карлики». Перший з них щодо часу відкриття — супутник Сіріуса — менший, ніж планети Уран і Нептун, деякі білі карлики менші від Землі і навіть менші від Марса.

Астрономи змогли встановити для багатьох зір не тільки їх справжні розміри, але й маси. Результати вийшли надзвичайні: хоч зорі й дуже різняться розмірами, маси їх не так вже й відмінні від маси Сонця. Мало є зір з масою, яка б більш як у 5—10 раз перевищувала масу Сонця, а так само і зір з масою, яка була б менша від 0,3—0,5 сонячної. Це значить, що середня густина речовини (маса, поділена на об'єм) у зорях-гігантах має бути надзвичайно мала (у тисячі разів розрідженішою проти кімнатного повітря), а в зорях — білих карликах вона неймовірно велика (у десятки тисяч разів густіша від води). Інакше кажучи, в 1 $см^3$ зорі-гіганта речовини мізерні частки грама, а в такому самому об'ємі зорі-карлика тонни і навіть десятки тонн.

Відомо, що 1 $м^3$ води важить близько тонни, 1 $м^3$ речовини зорі Бетельгейзе важить $^3/_4$ $Г$. В 1 $см^3$ води 1 $Г$, а в 1 $см^3$ речовини білого карлика, що називається зорею Койпера, десятки тонн.

Усе це свідчить про велику різноманітність у світі зір — цих далеких сонць, які здаються нам лише іскорками світла.

ПЕРЕМІННІ ЗОРІ

Блиск багатьох зір зазнає змін. В одних випадках ці зміни помітні неозброєним оком, в других вони вимагають особливих способів вимірювання. Блиск зір змінюється також і в часі: одні з них помітно змінюють свій блиск за кілька хвилин, другі — протягом десятків і сотень днів. Зорі, що змінюють свій блиск, називають п е р е м і н н и м и. До середини 1958 р. їх було відомо близько 15 000. Їх включено в каталог перемінних зір, складений в СРСР. Усю роботу щодо обліку перемінних зір Міжнародна астрономічна спілка поклала на радянських. головним чином московських, учених.

Не слід плутати зміни блиску самих зір із швидкими і постійними переливами їхнього світла — з мерехтінням. М е р е х т і н н я спричинюється заломлюванням променів світла при їх проходженні крізь різні шари земної атмосфери.

Ось один з прикладів перемінних зір. Зоря дельта Цефея за кожні 128 годин 47 хвилин змінює свій блиск вдвоє.

Ці зміни пояснюються тим, що такі зорі — їх називають ц е ф е ї д а м и — періодично то ніби роздуваються, збільшуючись у розмірах, то стискаються. При цьому змінюються розміри зір та їх температура. Значить, це якісь «нестійкі зорі». Усі цефеїди—гіганти, зорі великої світності, серед них є багато надгігантів, до них належать зорі з найбільшою світністю. І ось що цікаво: чим більша світність, тим більший період зміни блиску будь-якої цефеїди. Установивши спостереженнями період зміни блиску зорі-цефеїди, можна обчислити її світність. А це значить, що можна встановити віддаль до цієї зорі. Справді, якщо в будь-якому дуже далекому скупченні зір виявлено цефеїду, то в результаті спостережень визначають період зміни її блиску, а звідси і світність. А після цього легко обчислити, на якій віддалі перебуває ця цефеїда, якщо вона при даній світності здається нам за своїм видимим блиском зорею такої-от величини. А оскільки цефеїда перебуває в зоряному скупченні, то віддаль до неї є тим самим і віддаллю до цього зоряного скупчення. Розміри скупчення, хоч би які великі були вони, зовсім незначні порівняно з віддаллю до нього, а це значить, що всі зорі, що входять у нього, перебувають на приблизно однакових віддалях від нас. Періоди зміни блиску цефеїд бувають від кількох десятків хвилин до 45 діб.

Ряд зір, зміни блиску яких супроводяться також змінами їх температури, має періоди майже до двох років. Це так звані д о в г о п е р і о д и ч н і п е р е м і н н і з о р і. Одна з них знаходиться в сузір'ї Кита. Її позначають грецькою буквою «омікрон». У найбільшому блиску вона майже така сама яскрава, як Полярна зоря. А в найменшому блиску її видно тільки в телескоп. За таку дивну зміну блиску цю зорю називають Міра, що по-латині означає «дивна». Її період близько 330 діб.

Перемінні зорі цього типу також є зорями-надгігантами.

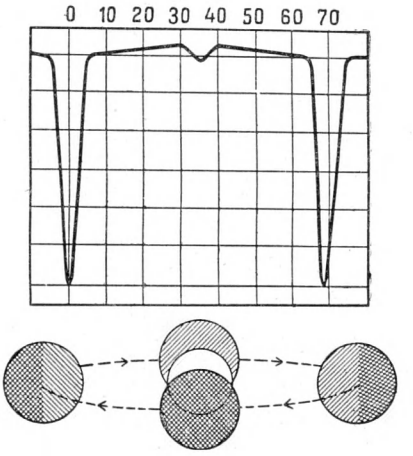
Серед перемінних зір є й такі, періоди в яких не сталі. Вони називаються н а п і в п р а в и л ь н и м и і н е п р а в и л ь н и м и п е р е м і н н и м и з о р я м и.

Є зорі, які раптом і дуже швидко змінюють свій блиск, розгоряючись, можна сказати, на очах спостерігачів: протягом кількох десятків годин зоря збільшує свій блиск у десятки

і сотні тисяч разів. Потім після спалаху блиск такої зорі починає слабшати, спочатку досить швидко, а потім дуже повільно. Через кілька років зоря стає знов такою самою, якою вона була до спалаху. Ці зорі дістали назву **нових**. Раніше вважали, що це справді нововиниклі зорі. Але всі ці зорі існували й раніше — вони виявляються як слабкі зорі на фотознімках зоряного неба, які були зроблені раніше.

Деякі з нових зір (а може, і всі) спалахують неодноразово. Так раптово спалахувати і збільшуватися в розмірах із швидкістю, що дорівнює сотням кілометрів за секунду, можуть дуже гарячі зорі, які мають особливий, нестійкий стан. Під час спалаху їх зовнішні газові шари зриваються і з величезною швидкістю мчать у простір. З часом ці гази зовсім розсіюються.

У рідких випадках спостерігаються спалахи так званих **наднових** зір. Вони відзначаються тим, що їх світність під час спалаху буває в десятки і сотні мільйонів разів більша проти світності Сонця. Тепер учені — астрономи і фізики багато працюють, щоб розв'язати питання про те, які фізичні причини зумовлюють таке грандіозне явище, як спалахи наднових зір.



Крива зміни блиску зорі Алголь. По горизонталі вказано час у годинах. Унизу — схема руху супутника Алголя.

ПОДВІЙНІ ЗОРІ

Є багато таких зір, що коли спостерігати їх у телескоп, то вони виявляються **подвійними**. Вони так далеко від нас, що неозброєним оком не можна помітити проміжку між ними. У ряді випадків такі дві зорі знаходяться одна за одною майже точно в одному напрямі від нас, але одна до нас ближче, а друга значно далі. В дійсності ці зорі ніяк не зв'язані між собою і називаються **оптично подвійними** зорями.

Але є багато таких подвійних зір, які насправді перебувають недалеко одна від одної в просторі. При значній близькості вони так сильно притягуються одна до одної, що не тільки рухаються в просторі разом, але й обертаються навколо спільного центра тяжіння за певний період. Якщо одна з цих зір значно масивніша, ніж друга, то менш масивна рухається навколо більш масивної. Їх називають **фізично подвійними** зорями, на відміну від оптично подвійних. Тепер відомо близько 40 000 подвійних зір. Якщо одна зоря з пари, обертаючись навколо другої, закриє її від нас, то світло такої системи зір ослабне, бо світло закриваної доходитиме до нас не повністю. Зорі, видимий блиск яких періодично змінюється внаслідок їх взаємних затемнень під час руху, називаються **затемнено-подвійними**, або **затемнено-перемінними**. Але, звичайно, справжня світність затемнюваної зорі і зоряної пари в цілому при цьому не змінюється. Тому затемнено-перемінні зорі не можна плутати із звичайними перемінними («фізично перемінними», як говорять астрономи), в яких дійсно змінюються їх світність і температура. Найбільш відома затемнено-перемінна зоря Алголь (бета Персея). Навіть у найпотужніші телескопи її видно як одиночну. Але її часом закриває супутник. Блиск Алголя змінюється на диво правильно — протягом 68 годин 49 хвилин. З цього часу 59 годин Алголь світить сталим блиском, а потім за 5 годин блиск слабшає в три рази. За наступні 5 годин зоря знову досягає попереднього блиску.

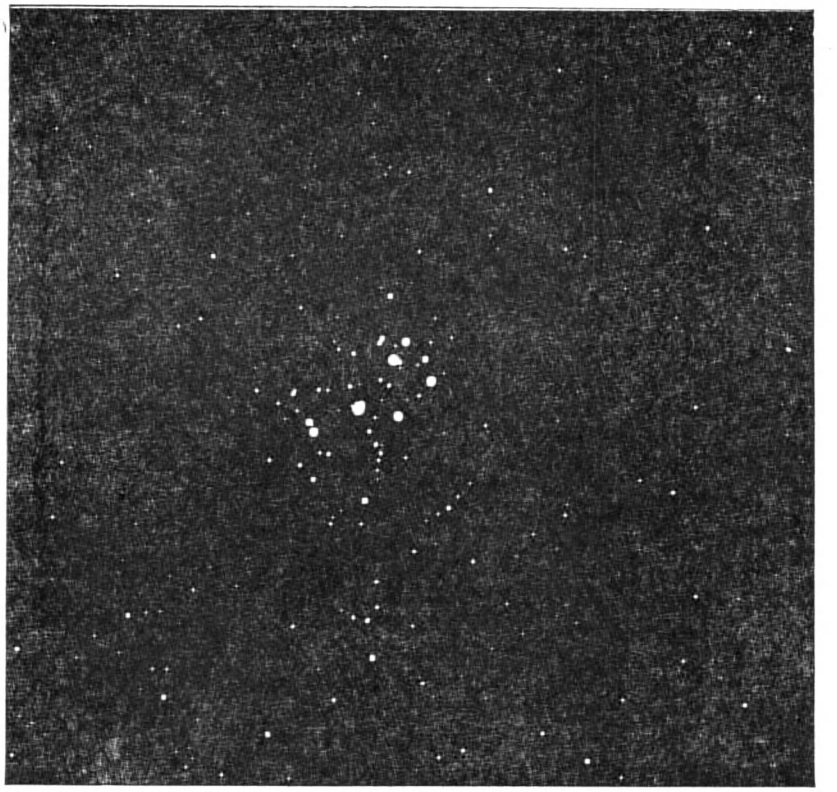
Подвійність багатьох зір астрономи встановили при вивченні їх спектрів, коли були помічені періодичні зміщення ліній у спектрах таких зір. Дослідження цих змін привело до відкриття дуже важливого факту: у системі якої-небудь подвійної зорі рухи пари зір відбуваються в площині, яка близька до променя зору. У цьому випадку, рухаючись разом навколо спільного центра тяжіння, одна зоря часом періодично наближається до нас, тоді як друга віддаляється. Внаслідок цих рухів лінії спектрів обох зір то збігаються (коли зорі рухаються впоперек променя зору, тобто перпендикулярно до променя зору), то починають розходитись (одна зоря рухається до нас, друга — від нас), то знову зливаються (зорі знову рухаються перпендикулярно до променя зору) і т. д. Вивчення цього явища привело астрономів до важливих результатів (див. стор. 488).

Було виявлено і складніші системи зір: зорю в телескоп видно подвійною, а лінії в спектрах зір, що утворюють таку пару, роздвоюються і коливаються. Значить, кожна зоря пари є в свою чергу подвійною. Це вже системи кратних зір — чотирьох і навіть більше.

ЗОРЯНІ СКУПЧЕННЯ

Рідко хто не звертав уваги на цікаву щільну групу слабких зір, яка називається в народі Стожарами. Астрономи цю групу зір називають Плеяди.

Неозброєним оком у Плеядах можна розрізнити 6—7 зір, розташованих дуже близько одна до одної. У телескоп їх видно тут більше сотні на невеликій площі. Це і є одне із скупчень, в якому зорі утворюють більш чи менш відокремлену систему, зв'язану спільним рухом у просторі. Діаметр цього зоряного скупчення близько 50 світлових років. Але навіть і при видимій тісноті зір у цьому скупченні вони насправді перебувають досить далеко одна від одної.



Фотографія зоряного скупчення Плеяди.

Плеяди знаходяться в сузір'ї Тельця. У цьому самому сузір'ї, оточуючи його головну — найяскравішу — червонувату зорю Альдебаран, є друге, більш розкидане зоряне скупчення — Гіади.

Деякі зоряні скупчення в невеликі телескопи нагадують туманні, розмиті плямочки. У потужніші телескопи ці плямочки, особливо в напрямі до країв, розпадаються на окремі зорі. Великі телескопи дають можливість установити, що це особливо щільні зоряні скупчення кулястої форми. Через те такі скупчення дістали назву кулястих.

Кулястих зоряних скупчень тепер відомо понад сто. Усі вони дуже далеко від нас. Кожне з них складається з сотень тисяч зір.

РУХ ЗІР

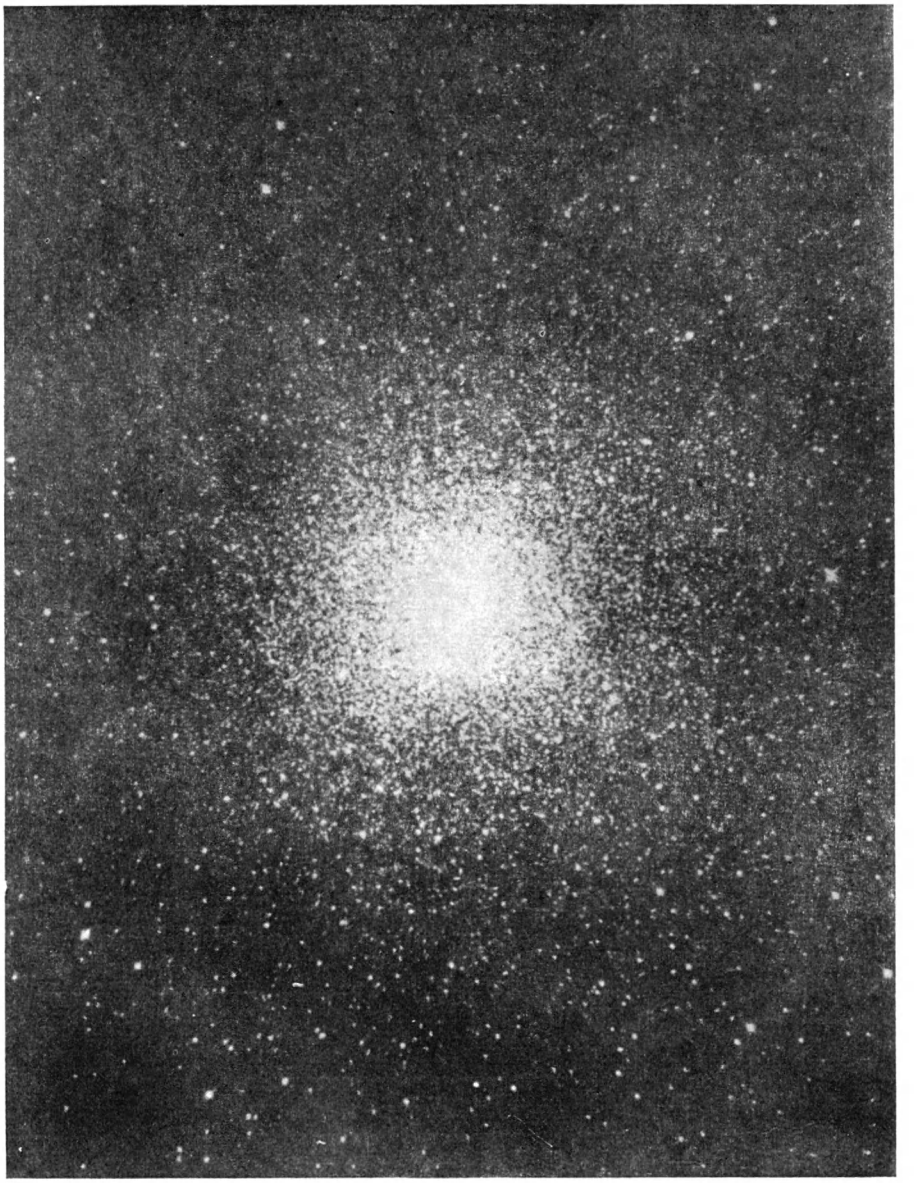
Протягом багатьох віків астрономи називали зорі «нерухомими», відрізняючи їх цією назвою від планет, які, як ми вже знаємо, рухаються, «мандрують» на фоні зір.

Точні вимірювання видимих положень зір і порівняння цих положень із спостереженнями, які було проведено в стародавні часи, привели англійського астронома Галлея до висновку, що зорі переміщаються, рухаються в просторі. Проте ці рухи відбуваються на таких далеких від нас віддалях, що лише через багато тисячоліть зміни в розташуванні зір у сузір'ях можуть стати достатньо помітними, навіть і при найточніших спостереженнях.

Є зорі, які за кілька сотень років переміщаються по небу на величину видимого поперечника Місяця (наприклад, зоря 61 Лебедя, що переміщується за рік на 5″,2).

Вимірявши зміщення зорі за рік і знаючи віддаль до неї, можна обчислити лінійну швидкість її руху впоперек променя нашого зору. Ця швидкість дуже велика — найчастіше десятки кілометрів за секунду.

Багато зір рухається в просторі так, що або стає до нас все ближче, або віддаляється від нас: вони рухаються за променем зору. Цей рух неможливо виявити спостереженнями



Фотографія кульового воряного скупчення в сузір'ї Геркулеса.

положень зір. Тут знову на допомогу приходить спектральний аналіз: зміщення ліній у спектрі тієї чи іншої зорі до червоного або фіолетового кінця спектра показує, чи рухається зоря від нас, чи до нас.

Знаючи величину цього зміщення, обчислюють і швидкості руху за променем зору. Ще у XVIII ст. астрономи помітили, що зорі в ділянці, що межує з сузір'ями Геркулеса і Ліри, ніби розступаються в різні сторони від однієї точки неба. У прямо протилежній ділянці — у сузір'ї Великого Пса — зорі немов зближаються. Таке зміщення зумовлене тим, що сама наша сонячна система рухається відносно цих зір, наближаючись до одних і віддаляючись від других. Те саме буває, коли, наближаючись до лісу, ми бачимо, що дерева поступово немов розступаються перед нами, а при віддалянні від лісу — змикаються.

Рух сонячної системи відносно навколишніх зір, уперше встановлений у 1783 р. В. Гершелем, відбувається із швидкістю близько 20 *км/сек* у напрямі до сузір'їв Ліри і Геркулеса.

Установлено, що зорі Плеяд усі рухаються в одному напрямі і з однаковими швидкостями.

Чи випадково це? І чи випадково те, що ці зорі утворюють певну групу? Ні, не випадково. Зорі скупчення Плеяди, безперечно, зв'язані одна з одною взаємним тяжінням. Можливо, їх зв'язок є результатом спільного походження цих зір у далекому минулому.

ТУМАННОСТІ

Крім зір, у телескоп видно невеликі туманні плями. Вони ледве світяться і дістали назву туманностей. Деякі з них мають досить виразні обриси. Серед них спостерігаються нечисленні так звані п л а н е т а р н і туманності. Всередині кожної з них, у центрі, завжди є одна дуже гаряча зоря.

Такі туманності складаються з розрідженого газу, який віддаляється на всі сторони від центральної зорі із швидкістю десятки кілометрів за секунду. Якщо газова оболонка навколо зорі всередині порожниста, то туман-

ність має вигляд кільця, як, наприклад, туманність у сузір'ї Ліри.

Але багато туманностей не має певної форми. Вони схожі на клочкуватий туман. що розтікається струменями в різні сторони. Ці туманності називаються дифузними. Їх відомо кілька сотень. Найцікавіша з них туманність в Оріоні. Її видно навіть у невеликий телескоп, а іноді й неозброєним оком.

У цій величезній дифузній туманності, як і в планетарних туманностях, світяться розріджені гази під дією світла гарячих зір, що знаходяться всередині туманності. Іноді яскрава зоря освітлює зустрічну хмару пилинок, які за розмірами можна порівняти з частинками диму. Тоді в телескоп ми бачимо теж світлу дифузну туманність, але вже не газову, а пилову. Безліч туманностей у XIX ст. відкрили Вільям Гершель та його син Джон, який працював, зокрема, в Південній Африці, щоб спостерігати там південне небо. У XX ст. багато газових туманностей відкрив і вивчав у Криму радянський вчений Г. А. Шайн (див. стор. 492).

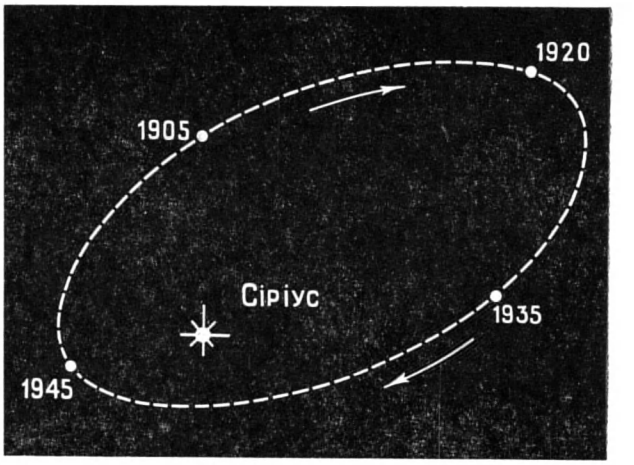
Здебільшого пилові туманності не світяться, бо поблизу звичайно не бувас зір, які могли б їх яскраво освітлити. Ці темні пилові туманності, нерідко з виразно окресленими краями, виявляються, як прогалини, у світлих ділянках Молочного Шляху. Такі туманності, як Кінська голова[1] (в Оріоні, поблизу світлої дифузної туманності), бувши скупченнями дрібнісінького пилу, поглинають світло зір, що знаходяться за ними.

МОЛОЧНИЙ ШЛЯХ

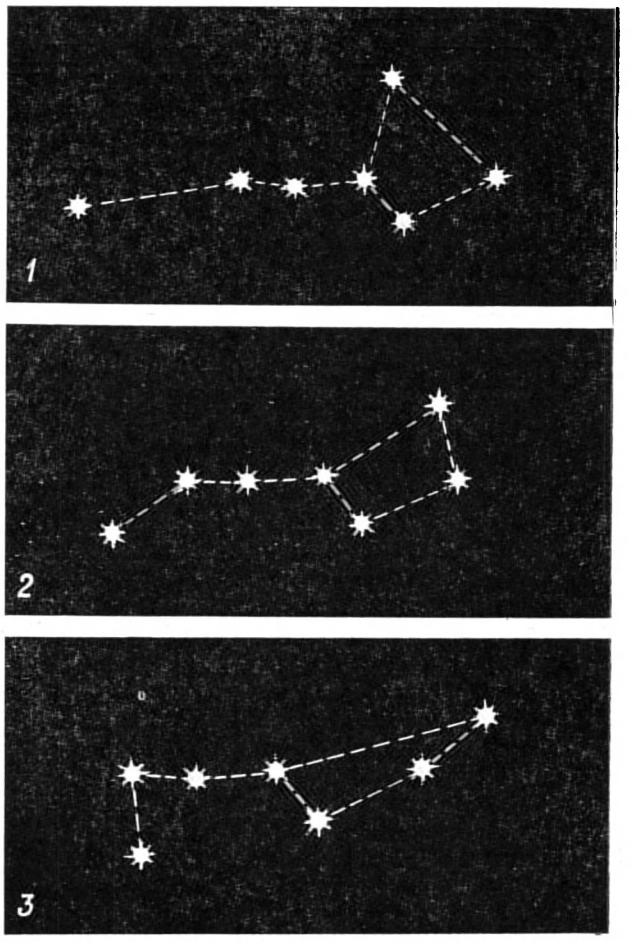
Коли восени вечори стають темними, на зоряному небі буває добре видно широку мерехтливу смугу. Це Молочний Шлях — гігантська арка, перекинута через усе небо. «Небесною річкою» названо Молочний Шлях у китайських сказаннях. Стародавні греки і римляни називали його «Небесною дорогою».

Телескоп дав можливість з'ясувати природу Молочного Шляху. Це сяяння сили-силенної зір, які від нас так далеко, що їх кожну окремо неможливо розрізнити неозброєним оком.

У телескопи в будь-якій ділянці Молочного Шляху видно безліч зір. Чим більша видержка, з якою провадиться фотографування, тим більше



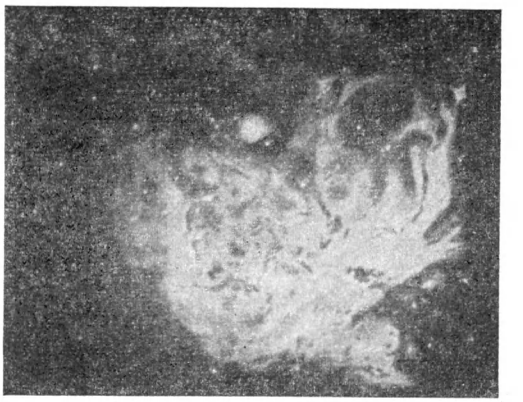
Видимі в Землі зміни положень супутника Сіріуса.



Розташування зір ковша Великої Ведмедиці внаслідок їх власних рухів в часом змінюється:
1 — вигляд ковша кілька десятків тисяч років тому, *2* — тепер, *3* — через кілька десятків тисяч років.

[1] Її названо так через те, що вона трохи нагадує голову коня.

Фотографія кільцеподібної туманності в сузір'ї Ліри.



Фотографія світлої дифузної туманності в сузір'ї Оріона.

дуже далеких від нас зір виявляється в усіх ділянках Молочного Шляху.

У Північній півкулі Молочний Шлях проходить по сузір'ях Орла, Стріли, Лисички, Лебедя, Цефея, Кассіопеї, Персея, Візничого, Тельця і Близнят.

Заходячи в Південну півкулю, він захоплює сузір'я Єдинорога, Корми, Парусів, Південного Хреста, Циркуля, Південного Трикутника, Скорпіона, Стрільця.

Фотографія ділянки Молочного Шляху.

Безперервним кільцем стелиться Молочний Шлях по небу, маючи різну ширину, різну яскравість і складні обриси на всьому своєму протязі. Він особливо яскравий у сузір'ї Стрільця, яке в наших широтах високо над горизонтом не піднімається. Через те в цій ділянці Молочний Шлях буває не такий помітний, як, скажімо, у сузір'ї Лебедя, яке восени вечорами піднімається над горизонтом дуже високо.

НАША ЗОРЯНА СИСТЕМА—ГАЛАКТИКА

Навіть з найбільш загальних спостережень неба можна зробити висновок, що Сонце перебуває серед безлічі зір, найбільша кількість яких розташована в напрямі Молочного Шляху. Обабіч від його світлої смуги зір далеко менше. Зорі Молочного Шляху і зорі, які видно

окремо від нього, утворюють єдину зоряну систему.

Основи наших знань про будову нашої зоряної системи та розташування зір у ній заклав В. Я. Струве. Тепер завдяки працям багатьох астрономів, зокрема радянських учених — П. П. Паренаго й інших, відомо, що ця грандіозна система — Галактика (що в перекладі з грецької мови означає «Молочний Шлях») — містить у собі близько 150 млрд. зір. За своєю формою Галактика нагадує сочевицю, або її можна уподібнити двом тарілкам, які складені разом.

Який вигляд мала б уся ця зоряна система з дуже великої віддалі? З одного боку ми побачили б світлу смужку з деяким потовщенням у середині. Якби ми глянули на цю зоряну систему з іншого напряму (вигляд плазом), то побачили б світлу пляму з круглими обрисами, яскравішу в напрямі до центра. Центр — це ядро Галактики.

Основна маса зір, що утворюють Галактику, зосереджена поблизу її головної площини. Чим далі від цієї площини і чим далі від центра Галактики, тим рідше розташовані зорі.

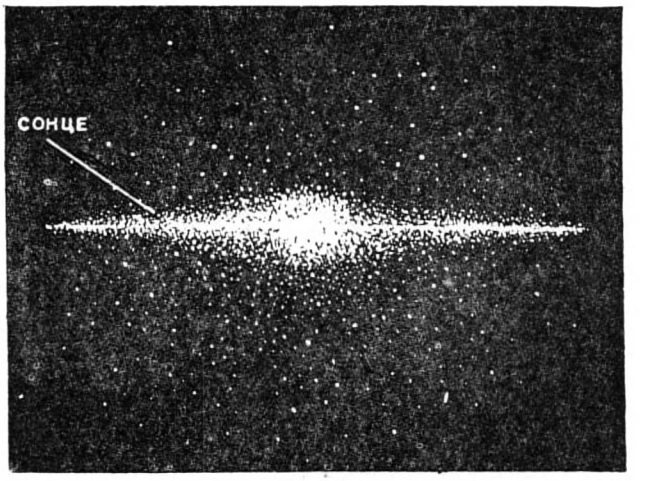
Зорі в нашій Галактиці згруповані місцями в порівняно густі скупчення. Найбільш яскраві і масивні зорі, а також більшість туманностей зосереджені поблизу тієї площини, про яку ми говорили вище. Наша сонячна система міститься поблизу цієї площини, але дуже далеко від центра Галактики.

Усі зорі в Галактиці рухаються навколо спільного центра ваги, в якому, проте, немає якого-небудь гігантського Сонця. Цей центр утворюється величезним скупченням зір в ядрі Галактики. Навколо нього і відбувається рух усіх зір, у тому числі й Сонця.

У напрямі центра Галактики простір між зорями заповнений численними темними туманностями. Світло дуже далеких зір поглинається цим міжзоряним середовищем і значно слабшає. Якби цих темних туманностей не було, центральні ділянки Галактики сяяли б надзвичайно яскраво.

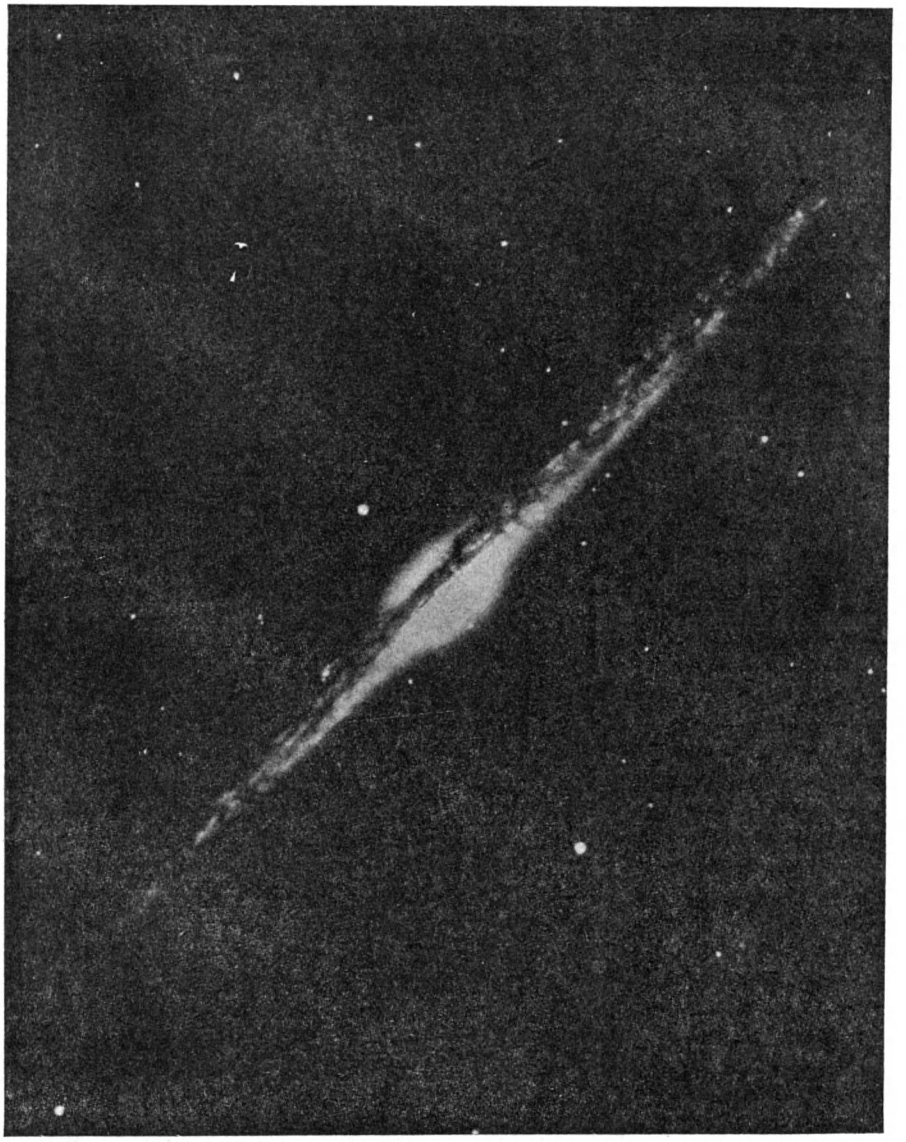
Застосовуючи особливі способи фотографування цих ділянок неба в не видимих оку інфрачервоних променях, радянські вчені сфотографували гігантську зоряну хмару, що утворює центральне згущення в Галактиці — її ядро.

Наша сонячна система описує навколо центра Галактики величезний шлях із швидкістю близько 250 *км/сек* з періодом 185 млн. років.



Схематичне зображення нашої Галактики в поперечному перерізі і місце в ній сонячної системи.

Фотографія спіральної туманності в сузір'ї Андромеди. Цю сусідню з нами галактику видно на фоні зір нашої Галактики.



Спіральна туманність в сузір'ї Волосся Вероніки, яку видно з ребра.

промінь світла проходить майже за 85 тис. світлових років. Це і є діаметр Галактики — нашої зоряної системи.

МЕТАГАЛАКТИКА

За межами нашої Галактики астрономи в потужні телескопи виявили безліч зоряних систем, які своєю будовою схожі на нашу Галактику. Це інші галактики; вони також складаються з мільярдів зір-сонць. Такі галактики мають вигляд туманних плямочок, які іноді ледве видно на фотознімках.

Безліч таких туманностей відкрили астрономи протягом XVIII і XIX ст. Передові вчені вже тоді вважали, що ці туманності — зоряні системи, подібні до Молочного Шляху, але віддалі до яких від нас неймовірно великі.

У 20-х роках нашого століття американський астроном Хаббл уперше довів, що такі туманності справді є дуже далекі самостійні і нерідко гігантські зоряні системи (див. стор. 490).

Типовим прикладом таких галактик є широко відома галактика в сузір'ї Андромеди. У безмісячну ясну ніч її можна помітити неозброєним оком у вигляді розмитої світлої плямочки завбільшки не менш як місяцевий диск. Ця галактика всім дуже схожа на нашу Галактику. Ми бачимо її дещо нахиленою до променя зору. Знаходиться вона від нас на віддалі більш як мільйон світлових років. Найяскравіші її частини мають спіральну будову. Розмірами вона перевищує нашу Галактику.

Другу широко відому галактику видно в сузір'ї Гончих Псів. Вона також має спіральну будову.

Яке місце займає наша сонячна система в Галактиці?

Наукові дослідження з цілковитою достовірністю показали, що місце, яке займає Сонце серед зір у Галактиці, достатньо скромне: Сонце — звичайна зоря серед десятків мільярдів до нього подібних; воно міститься вдвоє далі від центра Галактики, ніж від її краю.

Центральні ділянки Галактики нам видно в напрямі сузір'я Стрільця, і віддаль від нас до цих ділянок близько 23 тис. світлових років. А від одного краю Галактики до другого

Тепер астрономам відомі мільйони галактик. Виявлено цілі скупчення і хмари галактик. Є всі підстави припускати, що всі видимі тепер галактики становлять частину, і до того ж не дуже велику частину, незмірно грандіознішої космічної системи — Метагалактики. До її меж поки що не можуть проникнути навіть найпотужніші телескопи.

Отже, відома нам тепер частина Всесвіту — тільки частина Метагалактики, в якій наша Галактика посідає місце звичайної зоряної системи. Хто знає, може, і Метагалактика є членом ще грандіознішої системи. Взагалі зоряних систем у безконечному Всесвіті сила-силенна.

ЧИ Є КІНЕЦЬ ВСЕСВІТУ

Ми називаємо словом «Всесвіт» усе, що існує в усьому навколишньому просторі. Інакше кажучи, Всесвіт включає в себе все, що існує і на Землі і безконечно далеко від нашої планети і Сонця.

Чи є кінець світовому простору?

Чи є межі Всесвіту?

Із збільшенням потужності телескопів все далі й далі проникає погляд астрономів у глибини навколишнього світового простору, але ніде не помітно ніяких ознак меж Всесвіту. І ми приходимо до природного висновку: Всесвіт б е з м е ж н и й. В усіх напрямах тягнеться світовий простір з незліченною кількістю зоряних систем, таких, як наша Галактика. У цьому просторі зібрані цілі об'єднання зоряних систем — галактик, в яких кожна окрема галактика з її міріадами зір-сонць є тільки рядовим, звичайним членом. Але все це — тільки частина безконечного Всесвіту.

ЯК ВИНИКЛИ ЗЕМЛЯ І ІНШІ НЕБЕСНІ ТІЛА

Звідки взялись Земля, Сонце, Місяць і зорі? Чи завжди вони були такими, якими ми їх тепер бачимо?

Люди цікавились цими питаннями з давніх-давен, але правильно відповісти на них було дуже важко, бо для цього треба спочатку дізнатись, що саме являють собою ці світила та як вони рухаються.

За стародавніх часів служителі культу — жерці проголошували себе всезнайками. Вони вигадали легенди про походження світу. У різних країнах і в різний час ці легенди були різні, але в усіх цих легендах проводилась одна й та сама думка: світ створено одразу, цілком, з волі надприродних сил — богів — і з того часу не змінюється, а існує таким, яким ми його бачимо.

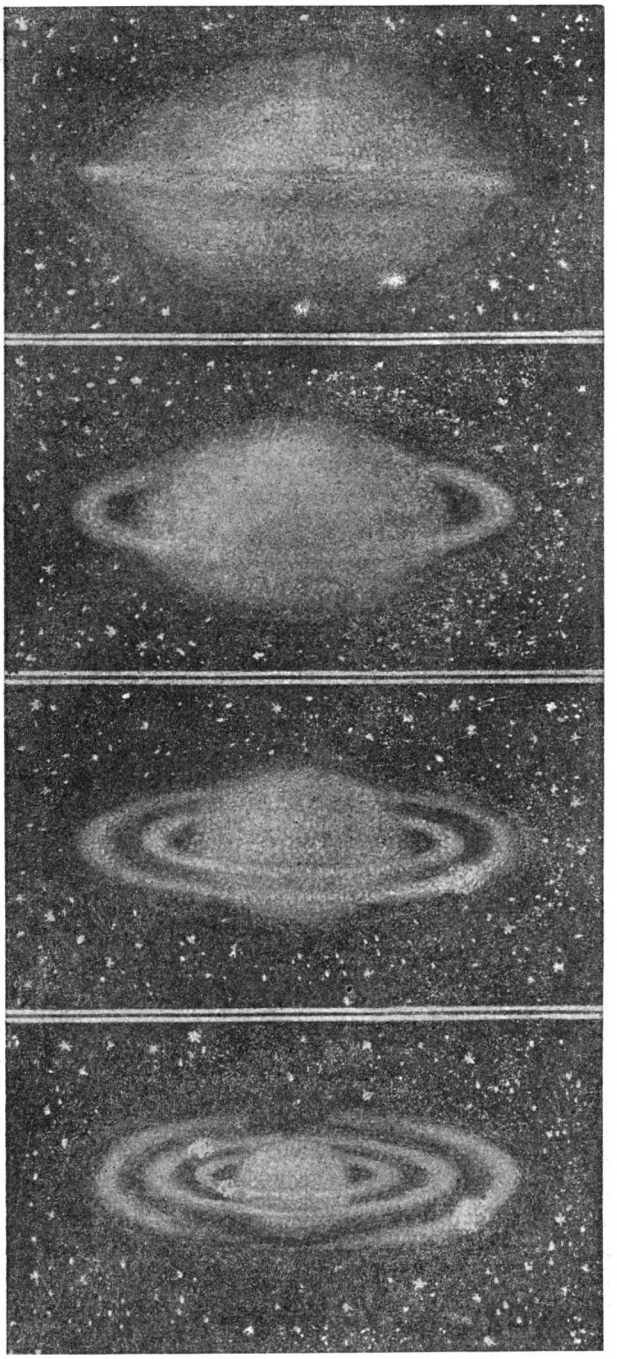
У ці легенди люди вірили, бо не знали справжніх причин багатьох явищ природи. Адже тільки у XVIII ст. було відкрито великий закон природи про збереження речовини та енергії її руху. Може змінюватись тільки стан речовини: наприклад, водяна пара перетворюється у воду або вода перетворюється в лід. Те саме стосується енергії руху: наприклад, енергія руху води на Дніпрогесі перетворюється в електрику, яка приводить у рух машини, освітлює квартири та вулиці міста і т. д. Рух не знищується, він тільки змінює свою форму.

Не розуміючи і не знаючи цього, але спостерігаючи, як людина своєю працею може створювати різні предмети, люди вважали, що і весь світ зробила якась істота, але, звичайно, істота надзвичайно могутня. Так і виникли різні легенди та релігійні міфи про створення світу.

Але поступово нагромаджувались знання про будову сонячної системи та зоряного світу. Ці знання і стали основою для створення наукових гіпотез про походження небесних тіл.

Наукове припущення про походження Землі й інших небесних тіл вперше висунув німецький філософ І. Кант. Це було в 1755 р. Наприкінці того самого століття, нічого не знаючи про думки Канта, до подібного ж висновку прийшов видатний французький учений Лаплас. Тому часто говорять про наукову гіпотезу (тобто про наукове припущення) Канта і Лапласа, хоч в їх поглядах було немало істотних відмінностей.

Кант і Лаплас звернули увагу на те, що Сонце гарячіше, а Земля холодніша і набагато менша, ніж Сонце. Водночас Земля — лише одна з планет. Усі планети обертаються навколо Сонця майже по колах, в одну й ту саму сторону і майже в одній і тій самій площині. Це



Утворення сонячної системи за гіпотезою Лапласа

становить основні відмітні риси сонячної системи, які мають бути пояснені в першу чергу.

Кант і Лаплас твердили, що усе в природі безперервно змінюється, розвивається (інакше — еволюціонує). І Земля і Сонце раніше не були такими, які вони тепер; був час, коли речовина, з якої вони складаються, існувала зовсім в іншому вигляді.

Лаплас обгрунтував свою гіпотезу докладніше і переконливіше. Як же він уявляв собі виникнення сонячної системи?

Колись, говорив Лаплас, сонячної системи не було, а була первинна розріджена і розжарена газова туманність з ущільненням у центрі. Вона повільно оберталась і була більша, ніж поперечник орбіти найбільш віддаленої від Сонця планети.

Внаслідок притягання частинок туманності одна до одної — притягання, яке властиве всім тілам,— туманність стискувалась, зменшувались її розміри. За відомим з дослідів законом механіки, при стисканні обертового тіла швидкість його обертання зростає.

Ви можете в цьому впевнитися самі. Сядьте біля піаніно на табуретку, яка легко обертається, і крутіться, тримаючи у витягнутих руках який-небудь тягар. Якщо потім ви притиснете руки до грудей, то ваше обертання прискориться.

Але коли тіло обертається швидко, зростає відцентрова сила. Наприклад, якщо ви обертаєте камінь, прив'язаний до вірьовки, надто швидко, вірьовка може обірватись, і камінь відірветься.

Так і при обертанні туманності велика кількість частинок на її екваторі (які обертаються швидше, ніж біля полюсів) відривалася, або, точніше, відшаровувалася, від неї. Навколо туманності виникало обертове кільце. Водночас туманність, кругла напочатку, внаслідок відцентрової сили сплющувалася біля полюсів і ставала схожою на лінзу. Саме через це сплющується надітий на вісь стальний обруч, який обертається на відцентровій машині.

Безперервно стискаючи і прискорюючи своє обертання, туманність відшаровувала від себе кільце за кільцем, які оберталися в один і той самий бік і в одній і тій самій площині.

Але газові кільця не могли бути скрізь однаково густими. Найбільше із згущень у кожному кільці поступово притягувало до себе решту речовини кільця. Так кожне кільце перетворювалось в один великий газовий клубок, який обертався навколо своєї осі. Після цього з ним повторювалось те саме, що з величезною первинною туманністю: він перетворювався в невелику кулю, оточену кільцями, які знову згущалися в невеликі тіла. Останні, остигнувши, ставали супутниками великих газових куль, що оберталися навколо Сонця і

після затвердіння перетворилися в планети. Найбільша частина туманності зосередилася в центрі; вона не остигла досі і стала Сонцем.

Гіпотеза Лапласа була науковою, бо вона грунтувалась на законах природи, відомих з досліду. Закони тяжіння і відцентрової сили справді існують в природі.

Проте після Лапласа були відкриті нові явища в сонячній системі, які його теорія не могла пояснити. Наприклад, виявилось, що планета Уран обертається навколо своєї осі не в ту сторону, куди обертаються інші планети. Були краще вивчені властивості газів і особливості руху планет та їх супутників. Ці явища також не в'язалися з гіпотезою Лапласа, і від неї довелося відмовитись.

Розвиток науки привів до точнішого і глибшого знання природи.

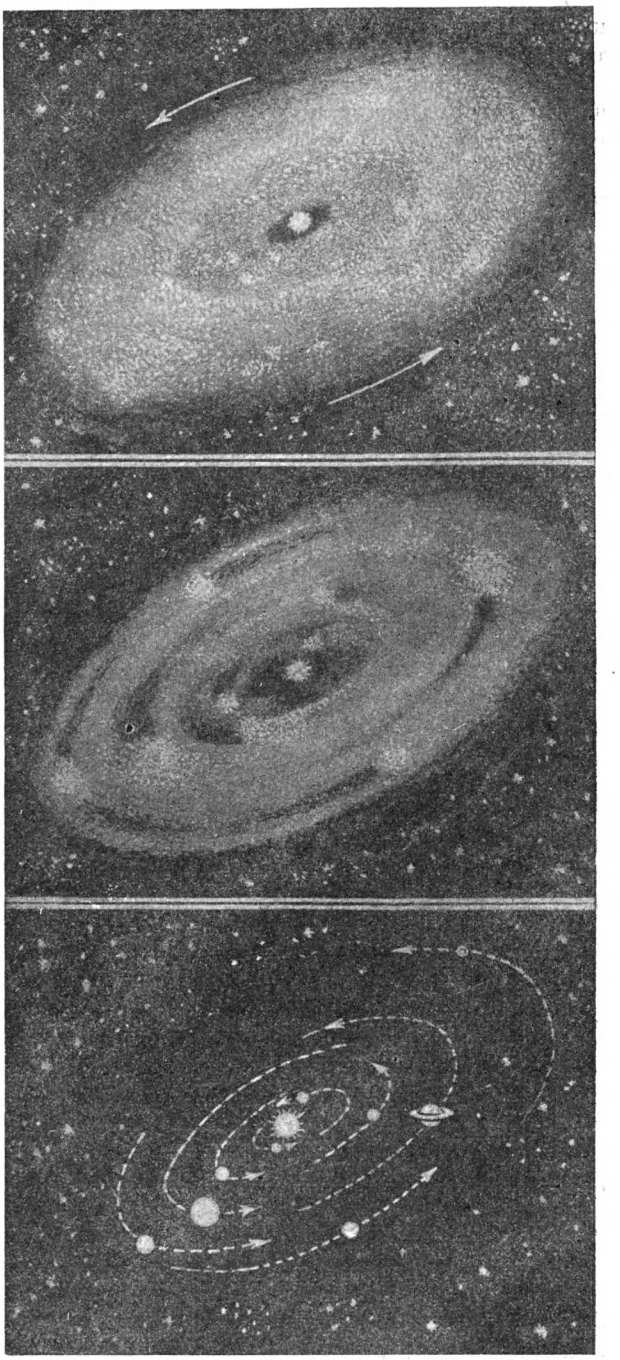
На зміну гіпотезі Лапласа висувались інші пояснення походження сонячної системи. При цьому деякі вчені за рубежем, так чи інакше зв'язані з релігією, нерідко пропонували такі гіпотези, які більш-менш були погоджені з релігійними уявленнями про створення світу.

Такі гіпотези у протилежність гіпотезам науковим, матеріалістичним, не рухають науку вперед, а заводять її в тупик. Матеріалістична наука твердить, що речовина існує вічно і вічно розвивається без втручання неіснуючих божеств.

Спростовуючи псевдонаукові гіпотези, радянські вчені поряд з прогресивними вченими інших країн наполегливо працюють над розв'язанням надзвичайно складного питання про походження сонячної системи і Землі.

Відомий радянський учений академік О. Ю. Шмідт запропонував гіпотезу, у розробці якої взяли участь наукові співробітники Геофізичного інституту Академії наук СРСР і інші радянські вчені. У своїй гіпотезі О. Ю. Шмідт, грунтуючись на ряді даних науки, прийшов до висновку, що Земля і планети ніколи не були розжареними газовими тілами, як Сонце і зорі, а мали утворитись з холодних, твердих частинок речовини.

Коли припустити, що колись навколо Сонця існувала колосальна хмара з газу та пилу, то далі, за розрахунками О. Ю. Шмідта та його співробітників, справа мала проходити так: незліченні частинки під час свого руху стикались би одна з одною і через те намагалися рухатися так, щоб не заважати одна одній. А для цього потрібно, щоб усі їх шляхи лежали майже в одній площині і стали коловими. Обертаючись навколо Сонця по колах різного розміру, частинки вже не стануть стикатися одна з одною.

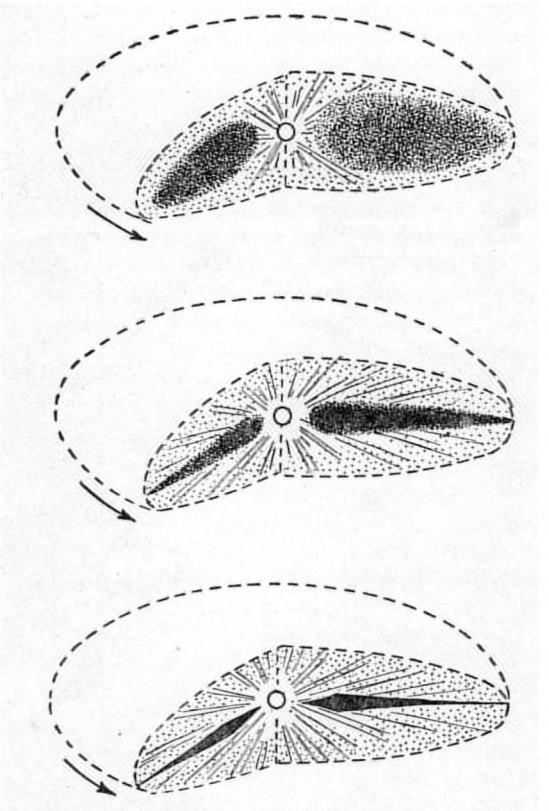


Утворення сонячної системи за гіпотезою О. Ю. Шмідта

При цьому напрям обертання в будь-яку певну сторону з часом почне переважати, і

кінець кінцем усі частинки почнуть обертатися в один бік.

Так замість початкового безладного руху частинок виникне стрункий рух їх усіх в одному напрямі. А це значить, що й уся газово-пилова хмара почне обертатися в одному певному напрямі. Коли б у частинок напочатку



Утворення сонячної системи за гіпотезою О. Ю Шмідта. На схемі показано поступове ущільнення метеоритно-пилової туманності навколо Сонця.

не знайшлося б такого напряму, по якому оберталась більшість їх, то з них планети утворитись не могли б.

Але в результаті зіткнень частинок при початковому безладному русі енергія їх руху частково переходила в тепло і розсіювалася в просторі. До деякої міри так само втрачає свою енергію руху (тобто зменшує свою швидкість) рушнична куля, яка нагрівається, перемагаючи опір повітря.

Втрата руху частинок при їх зіткненні вела, як показують розрахунки, до того, що куляста хмара поступово сплющувалась і нарешті стала скидатись на млинець.

Але, коли частинки наблизились до однієї площини, віддалі між ними стали менші і вони почали помітно притягувати одна одну. Вони об'єднувались, ущільнювались, причому особливо швидко росли в розмірі та у вазі великі частинки. Вони й притягували до себе дужче, та й зіткнутися з ними було легше.

Поступово більша частина пилинок у млинцеподібній хмарі скупчилась таким способом у кілька велетенських грудок речовини, які стали планетами. Грудка—майбутній Юпітер—«пожирала» надзвичайно багато речовини з боку, найближчого до Сонця, і перешкоджала частинкам з'єднатися: вона притягувала їх до себе. А по другу сторону від майбутнього Юпітера, далі від Сонця і від Юпітера, утворилась незабаром друга велика грудка — майбутній Сатурн, яка суперничала із «зародком» Юпітера у вбиранні дрібних частинок.

Через те поряд з Юпітером, ближче до Сонця, не виникло великої планети, а утворилось багато дрібних і розрізнених: виникли астероїди, або малі планети.

А втім, вони могли утворитися і в результаті того, що порівняно невелика планета, яка все-таки тут виникла, з якоїсь причини розпалась на частини. Так, принаймні, гадають деякі вчені.

О. Ю. Шмідту вдалося розрахувати, що в середині планетної системи мали виникнути найбільші планети, а ближче до Сонця — дрібніші і найдалі від нього — теж дрібні, такі, як Плутон. За Плутоном ми вже навряд чи відкриємо великі планети, як-от Юпітер і Сатурн. Чим більша виникаюча планета, тим більше речовини вона повинна увібрати в себе з «околиць». Ця гіпотеза дала змогу О. Ю. Шмідту, а потім В. Г. Фесенкову й іншим ученим теоретично обгрунтувати існуючі віддалі планет від Сонця і віддалі між планетами, чого раніше зробити нікому з астрономів не вдавалось.

Так само О. Ю. Шмідту вперше вдалося довести розрахунками, що при косому падінні частинок на зародки планет останні почнуть обертатись неодмінно в той самий бік, в який вони обертаються навколо Сонця, як це і є насправді. Тільки для найдальших планет обертання під дією косих ударів може набрати зворотного напряму.

Зародки планет, особливо великих, мали оточуватись скупченнями дрібних частинок (тобто хмарами пилу та газу), з яких виникали супутники планет — їх місяці, подібно до

того, як самі планети виникали з газово-пилової хмари, що оточувала Сонце.

При збиранні пилу і газу в планеті відбувалось одне важливе явище,про яке раніше теж не догадувались. Радянські вчені знайшли, що внаслідок нагрівання Сонцем пилинок з них виділялись гази. Найбільш легкі і леткі з них, особливо водень, розсіювалися в просторі назавжди, чому допомагав тиск сонячних променів, так само як сонячне проміння відштовхує газові частинки кометних хвостів. Але так було лише поблизу Сонця, яке прогрівало товстий шар пилу до якоїсь глибини.

Далі, де перебуває Юпітер, сонячне проміння не проникало крізь товстий шар пилу в млинцеподібну хмару, і там водень уцілів. При великому холоді, який був у цій частині хмари, водень намерзав на пилинках, осідав на них, подібно до інею, що вкриває восени на світанку холодну поверхню каміння.

Тому до складу планет, що формуються поблизу Сонця, наприклад до складу Землі, водень майже не ввійшов. А оддалік від Сонця в гігантських планетах, навпаки, виявилось дуже багато водню. Через те в середньому речовина, з якої складаються далекі планети, значно легша, ніж речовина планет, близьких до Сонця.

ПРО ПЕРШІ «ДНІ» ЗЕМЛІ

Планети з газово-пилової хмари виникали дуже довго. О. Ю. Шмідт вперше в історії науки зміг підрахувати, виходячи з своєї гіпотези утворення Землі, що з того часу, як Земля збиралася з дрібних частинок, минуло близько 6—7 млрд. років. Це приблизно відповідає тому, що ми знаємо про вік земної кори, тобто про ті її поверхневі шари, які існують як щось тверде, що вже не перемішується з іншою речовиною, яка приходить зсередини Землі або з міжпланетного простору.

Як ми могли дізнатись, скільки років тому сформувалась земна кора, яка звичайно і пізніше зазнавала змін?

Є чудові хімічні речовини (елементи) — уран, радій та ін., які мають властивості самі по собі розпадатись на частини і поступово перетворюватись в інші речовини і кінець кінцем у свинець. При цих дивних перетвореннях виділяється газ гелій і разом з тим виділяється тепло. Як ми побачимо далі, для з'ясування історії нашої Землі було дуже важливо вивчити тепло, що виділилося при цих перетвореннях.

Швидкість розпаду урану та радію відома і строго стала. Чим довше триває розпад урану— однієї з найважчих хімічно найпростіших речовин, що містяться у даному камені,— тим менше його там залишається, але тим більше скупчується в складі каменю свинцю та гелію. З того, скільки урану залишилося ще в гірській породі і скільки в ній вже скупчилось гелію та свинцю, можна встановити, скільки часу триває розпад урану. Це й визначатиме абсолютний вік гірської породи, що має в своєму складі уран.

Так установили, що найдавніші кам'яні пласти земної кори утворилися близько 2—3 млрд. років тому. Цей висновок згідний з визначенням віку нашої планети О. Ю. Шмідтом. Досі теоретично ніхто не міг розрахувати, скільки тисяч чи мільярдів років мала формуватись Земля за тією чи іншою гіпотезою, знали лише, скільки приблизно років існує її кора.

Раніше багато хто вважав, що Земля колись була вогняно-рідкою, а ще раніше — газоподібною. Посилались на виверження розжареної лави з кратерів діючих вулканів. Після остигання лава кам'яніє. Було немало прихильників тієї думки, що Земля остигає, зберігаючи ще запас тепла в своїх глибоких надрах. За гіпотезою О. Ю. Шмідта, Земля ніколи не була вогняно-рідкою. При зіткненні частинок, коли з них складалась Земля, виділялось тепло. Але ще більше його виділялось під час розпаду урану та радію, які входили до складу пилинок. З ущільненням земної кори це тепло, що виділялося в надрах, не встигало розсіюватися в простір. Так, тепло, що утворюється при спалюванні палива в пічці, нагріває її, хоч стінки пічки і віддають тепло кімнаті. Розрахунок показав, що Земля могла таким способом нагрітися всередині приблизно до 1500—3000°. При такій температурі кам'яні породи стають вже в'язкими, нагадують теплий віск. У в'язкому середовищі відбувалось — і, мабуть, зараз ще відбувається — переміщення речовини Землі. Важкі речовини, наприклад залізо, опускаються вниз, а легкі піднімаються вгору. При різких переміщеннях їх відбуваються землетруси.

Поверхня Землі охолонула раніше від інших частин, подібно до пічки, в якої спершу остигають стінки. Так утворилась і холодна тверда кора Землі. Подекуди під нею скупчилося особливо багато урану та радію, і там кам'яні породи цілком розплавлені. З таких басейнів при підвищенні тиску і виходить (вивергається) назовні розжарена лава.

Думку про походження Землі з холодної матерії і раніше висловлювали прогресивні вчені — Ф. О. Бредіхін (ще в минулому столітті), В. І. Вернадський та ін. Тепер ця ідея набуває дедалі більшого значення при розв'язуванні різних питань геології, у тому числі і при розшуках корисних копалин.

Так наука про походження небесних світил спростовує релігійні вигадки про створення світу і з'ясовує історію нашої планети.

ДЕ ВЗЯЛАСЯ ГАЗОВО-ПИЛОВА ХМАРА НАВКОЛО СОНЦЯ

Таке питання виникало у вас, напевне, вже не раз, поки ви читали цю статтю. Твердо відповісти на нього поки що не можна. Академік О. Ю. Шмідт і деякі інші вчені раніше припускали, що Сонце в своєму обертанні навколо центра нашої зоряної системи проходило крізь величезну газово-пилову хмару, безліч яких є в просторі між зорями. При цьому своїм притяганням воно могло потягти за собою частину цієї хмари. Розрахунки підтверджують, що це, очевидно, можливо. Однак для здійснення такої можливості потрібен збіг ряду сприятливих обставин. Багато вчених, серед них і академік В. Г. Фесенков, вважає, що Сонце, а за ним і планети виникли з однієї і тієї ж самої речовини і що газово-пилова хмара оточувала Сонце вже з часу його виникнення.

РОЗВИТОК СОНЦЯ, ЗІР І ГАЗОВО-ПИЛОВИХ ХМАР

Деякі буржуазні вчені і досі намагаються твердити, що всі хмари пилу, газу (туманності) і всі зорі виникли одночасно і давнимдавно. Хмари пилу і газу, що й зараз ми спостерігаємо в просторі, є рештками речовини, з якої виникли небесні тіла. А з цих решток, на їх думку, нічого нового виникнути не може. Цим вони підкріплюють релігійні уявлення про створення світу «за один день»— одразу з нічого.

Радянський астроном Б. О. Воронцов-Вельямінов ще в 1931 р. вказав, що й у наш час у простір з поверхні зір постійно викидається газ, особливо зір гарячих, а також тих, що спалахують, як нові зорі. Його підрахунок показав, що, може, навіть весь газ, який ми спостерігаємо між зорями, саме ними і породжується. В усякому разі, хмари газу утворюються і в наш час. Зоряний світ — не бездіяльне скупчення, приречене на охолодження і вмирання. Це «фабрика», що безперервно викидає «продукцію» у вигляді газу, який при сприятливих умовах може згущуватись у пилинки і зазнавати дальших перетворень.

Є хмари пилу і газу, що виникли давнимдавно, але є й такі, що ось тільки виникають. Радянські вчені — академік В. А. Амбарцумян та ін.— у 1945—1947 рр. з ряду фактів зробили висновок, що зорі мають різний вік. Отже, є підстави твердити, що виникають вони і в наш час. Зорі народжуються переважно групами, як у вигляді гігантів, так і у вигляді карликів.

Мабуть, в якійсь туманності народилось і наше Сонце, а його «брати і сестри», народившись разом з ним, вже розбрелися далеко по Всесвіту.

За міркуваннями і розрахунками академіка В. Г. Фесенкова, Сонце спочатку було більше і гарячіше, ніж тепер, воно містило більше речовини. Поступово втрачаючи речовину, тобто викидаючи гази із своєї поверхні, Сонце остигало, ставало менш яскравим. З часом ці зміни відбувалися дедалі повільніше. Зараз Сонце продовжує черпати свою теплову енергію за рахунок перетворювання в його надрах водню в гелій (при цьому виділяється колосальна енергія) і майже не остигає. Ще мільярди років воно зігріватиме і освітлюватиме Землю так само, як тепер, і людство розвиватиметься протягом часу, який у багато мільйонів разів перевищує час, який минув з моменту появи перших людей на Землі.

У світі матерія безперервно рухається і змінюється. З газово-пилового середовища виникають зорі і навколо них планетні системи. Розвиток зір приводить до виверження з них газів у світовий простір. Так знову речовина набирає форми, з якої знову можуть виникати ущільнені тіла. Але при цих нескінченних перетворюваннях змінюються умови народження небесних тіл, змінюється їх склад. Природа не повторює і не копіює себе: різноманітність виникаючих небесних тіл безмежна. Так і на самій Землі відмирають і відроджуються ті чи інші форми рослин та тварин, і при цьому рослинний та тваринний світ безперервно змінюється.

Величезне значення в перетворюванні природи має людина, вплив якої на природу грунтується на вивченні та використанні її законів.

Людина, строк життя якої — мить порівняно з віком небесних тіл, осягає таємниці народження небесних тіл і змінює обличчя своєї планети — Землі. Важко передбачити, до яких ще можливостей піднесеться людство, спираючись на науку і дедалі глибше пізнаючи природу.

РАДІОАСТРОНОМІЯ

До початку XVII ст. люди вивчали небесні тіла, тільки спостерігаючи їх неозброєним оком. У 1609—1610 рр. великий італійський учений Галілей, а слідом за ним і інші астрономи спрямували на небо тільки що винайдений телескоп. З цього часу почалася нова ера в історії астрономії. В міру вдосконалювання телескопів безмірно розширювались і межі видимого Всесвіту.

У XIX ст. астрономія здобула могутніх союзників — спектральний аналіз і фотографію. Їх почали застосовувати для досліджування глибин Всесвіту. Спектральний аналіз дав можливість встановити хімічний склад і багато фізичних особливостей небесних тіл. Використання в астрономії фотографії розширило межі проникнення в космічні простори і допомогло стежити за змінами, що там відбуваються. Так, за допомогою телескопів, спектрального аналізу та фотографії астрономія досягла величезних успіхів у вивченні Всесвіту.

Але ці успіхи стали можливі завдяки тому, що небесні тіла, головним чином зорі, випромінюють у навколишній простір світло. Однак відомо, що світло слабшає пропорціонально квадрату віддалі від джерела випромінювання. Тим часом віддалі до зір, навіть найближчих, величезні. Безмірно більші віддалі до зоряних систем, які перебувають далеко за межами нашої Галактики (див. стор. 418). Тому до Землі, а значить, і до земного спостерігача доходить тільки мізерно мала частка світла від зір нашої Галактики. Ще менше доходить світла від інших зоряних систем.

Найдовші хвилі — червоні, найкоротші — фіолетові. Але довжина всіх світлових хвиль не перевищує десятих часток мікрона. Ці дані фізики дуже істотні для пізнання далеких від нас світів.

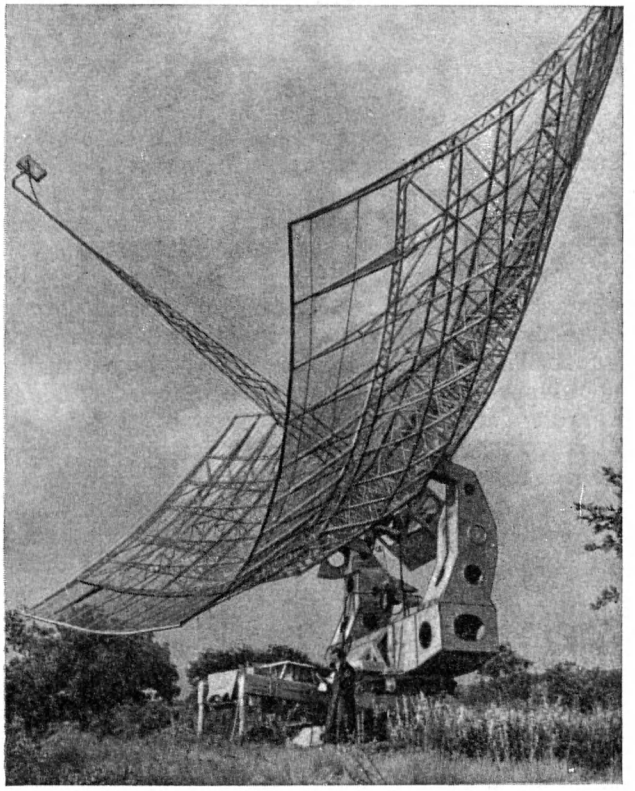
Успішний розвиток фізики дав змогу вловлювати не тільки світлові промені, які видно людським оком, а й не видимі для нього ультрафіолетові, рентгенівські та інфрачервоні промені. Як виявилось, хвилі ультрафіолетових та рентгенівських променів коротші, ніж хвилі фіолетових променів, а хвилі інфрачервоних променів довші, ніж звичайних червоних променів, хоч теж не перевищують міліметра. Ці відкриття також широко застосовуються в астрономії.

Таким чином, астрономи завжди прагнули використати досягнення фізики для вдосконалення методів вивчення небесних тіл. Спорудження дедалі більших телескопів давало астрономам можливість збирати з їх допомогою дедалі більше світла від далеких зір і проникати в глибину Всесвіту. Завдяки застосуванню фотографії ми вже можемо вловлювати ультрафіолетові промені, що приходять з космічного простору. Останнім часом, користуючись особливими установками, вловлюють і інфрачервоні промені. Це дуже важливо, бо багато гарячих зір велику частину своєї енергії випромінюють у вигляді ультрафіолетових променів, а холодні зорі, навпаки, найбільше випромінюють інфрачервоних променів. Якби не можна було вловлювати це недоступне простому оку випромінювання, то не можна було б скласти і правильне уявлення про фізичну природу зір. Але «вловлювання» променів, яких не видно простим оком, зв'язане з великими труднощами, бо значна частина їх поглинається земною атмосферою і не доходить до поверхні Землі. Не випадково астрономи говорять, що земна атмосфера їх найлютіший ворог.

Зовсім недавно, після винайдення великим російським ученим О. С. Поповим радіо, виникла можливість вивчати радіовипромінювання небесних тіл з довжинами хвиль від кількох міліметрів і небагатьох сантиметрів до багатьох метрів.

Такі хвилі не поглинаються земною атмосферою і вільно проходять крізь неї. Вони вільно проходять і крізь пилові хмари, які розсіяні в Галактиці, і поглинають світло далеких зір. Небагато років тому за допомогою радіоприймачів учені вперше вловили радіовипромінювання, що приходить на Землю із світового простору. Це поклало початок розвитку нової галузі науки — р а д і о а с т р о н о м і ї. І якщо раніше єдиним джерелом знань про небесні тіла, єдиними вісниками далеких світів були світлові промені, які вловлювались земними телескопами, то тепер ми маємо нові вісники далеких світів — радіохвилі.

Радіоастрономія розвивається в наш час надзвичайно швидко. Фізики, астрономи, інженери дуже багато зробили для того, щоб створити потужні установки для вловлювання по-



Радіотелескоп в 18-метровим дзеркалом, встановлений на Кримській станції Фізичного інституту Академії наук СРСР, поблизу Сімеїза.

токів космічного радіовипромінювання. Ці установки дістали назву радіотелескопів, хоч вони й зовсім не схожі на звичайні, оптичні телескопи.

Радіотелескоп приймає радіовипромінювання дзеркалом. Воно схоже на дзеркало телескопа, тільки воно металеве. А іноді дзеркало радіотелескопа — складна конструкція у вигляді гігантської рами з укріпленими на ній стержнями. Вони й збирають радіохвилі. Сучасна техніка вже створила і створює гігантські радіотелескопи із дзеркалом, діаметр якого дорівнює багатьом метрам і навіть десяткам метрів. З їх допомогою вчені вивчають всю різноманітність радіопроменів, що надходять на Землю із світового простору. З особливостей прийнятих радіохвиль можна скласти уявлення про природу небесних тіл, що посилають ці хвилі, і робити важливі висновки.

Радіоастрономія розпочалася з того, що було виявлено радіовипромінювання, що йде до нас із світового простору. Але потім учені встановили, що це радіовипромінювання надходить не взагалі із світового простору, а з певних ділянок неба від певних небесних тіл та навколишнього газового середовища.

Вже в 1944 р. було встановлено, що Сонце — потужне джерело радіовипромінювання. Потім виявилось, що радіовипромінювач — не тільки Сонце, а й окремі планети сонячної системи, зокрема планета Юпітер. З'ясувалося також, що потоки радіохвиль надходять на Землю з різних ділянок нашої зоряної системи — Галактики. Нарешті, стало безперечним і те, що радіохвилі приходять до Землі і від інших зоряних систем.

Вивчення космічних радіохвиль вже дало змогу зробити такі важливі висновки, яких не можна було дійти ніякими іншими шляхами.

Давно вже відомо, що на Сонці відбуваються такі грандіозні фізичні процеси, як поява і зникнення плям та виверження протуберанців (див. стор. 372). Розміри сонячних плям перевищують поверхню Землі, а протуберанці здіймаються над поверхнею Сонця на сотні тисяч кілометрів. Давно також відома і сонячна корона — зовнішня оболонка Сонця; вона простягається на кілька сонячних радіусів (див. стор. 373), її температура надзвичайно висока, а густина надзвичайно мала.

Дослідження сонячного радіовипромінювання дали змогу взнати багато нового і про Сонце і про його корону.

Радіопромені виходять головним чином від хромосфери — зовнішньої оболонки Сонця — і від корони, що оточує сонячну кулю. Це так зване випромінювання «спокійного» Сонця. Але Сонце не завжди спокійне. Час від часу фізичні процеси, що відбуваються на Сонці, посилюються. Це буває тоді, коли на Сонці виникають особливо великі плями, відбуваються потужні вибухи. Усі ці гігантські збурення на Сонці дуже впливають на земні явища. У цей час на Землі особливо часто бувають полярні сяйва, магнітні бурі, а на Сонці в тисячі, а іноді і в мільйони разів посилюється радіовипромінювання (тепер вже не «спокійного», а «збуреного» Сонця).

Радіоспостереження особливо важливі для з'ясування природи явищ, що відбуваються у нас на Землі.

Мало цього. Сонячна корона досі була доступна для спостереження тільки в тих межах, в яких вона випромінює світлові промені. Але вона сягає набагато далі. Радіоспостереження виявили «надкорону», якої не видно ні в які оптичні телескопи. Ця надкорона — продовження видимої корони — займає простір, що дорівнює 15—20 сонячним діаметрам.

Як виявилося, хмара розрідженої матерії навколо Сонця далеко більша, ніж вважали раніше. І це змогли виявити тільки радіоспостереженнями.

Важливу роль в радіоастрономії відіграє вивчення радіовипромінювання, що приходить на Землю з різних місць нашої зоряної системи— Галактики.

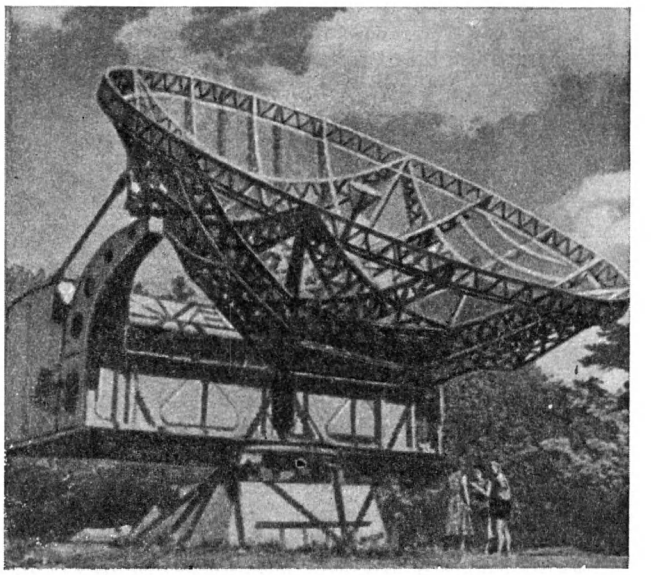
Виявити певні джерела цього випромінювання було дуже важким завданням для астрономів.

Рідке, але справді грандіозне явище — «наднові зорі». Малопомітні або зовсім не відомі до того астрономам зорі спалахують з такою силою, що їх випромінювання в мільярди разів перевищує силу випромінювання Сонця і в тисячі разів випромінювання звичайних нових зір. З історичних документів нам відомо, що наднові зорі спалахували в 369, 1054, 1572, 1604 рр. Рештки спалахнених наднових зір — туманності. Вони утворились з викинутої наднovими зорями газової речовини. Такі туманності є потужними джерелами радіовипромінювання.

Давно вже відомо, що зоряні системи — галактики — мають різні форми. Для багатьох з них, і до того ж найбільших, характерні спіральні обриси. Така є, наприклад, гігантська галактика в сузір'ї Андромеди — порівняно близький сусіда нашої Галактики. Інші зоряні системи мають еліптичну форму, а деякі взагалі не підходять під чітке геометричне означення. Їх так і називають «неправильними» галактиками.

Які обриси має наша зоряна система? На це запитання не так легко було відповісти. Ми разом з сонячною системою перебуваємо всередині Галактики, багато ділянок якої закрито від нас хмарами темної пилової речовини; вона поглинає світло розташованих за нею зір. Для радіохвиль не страшна речовина, яка поглинає звичайні світлові промені, і радіоспостереження допомогли підтвердити вже виниклу думку про спіральну будову нашої Галактики. Наша Галактика справді спіральна, і Сонце міститься між двома її спіральними «рукавами».

Але радіовипромінювання надходить на Землю не тільки з меж нашої зоряної системи — Галактики. Воно надходить у земні радіотелескопи з просторів Всесвіту, що лежать далеко за межами нашої Галактики, інакше кажучи — з інших галактик. Звичайно, і тут радіовипромінювання підлягає загальному закону — воно слабшає пропорціонально квадрату віддалі. Інші галактики дуже далеко



Радіотелескоп, установлений в Ондржейові побливу Праги (Чехословацька Соціалістична Республіка).

від нас. Радіовипромінювання, що надходить від них, далеко слабше проти радіовипромінювання нашої Галактики. Але деякі з цих галактик, як виявляється, є надзвичайно потужними джерелами радіовипромінювання. Ослаблене внаслідок величезної віддалі, воно в дійсності далеко сильніше, ніж випромінювання нашої зоряної системи з її мільярдами зір.

Дуже потужне джерело радіовипромінювання було виявлено, наприклад, у сузір'ї Лебедя. Як же виникло це радіовипромінювання? Спостереження за допомогою радіотелескопа показали, що воно виникло в результаті зіткнення двох галактик — двох зоряних систем, подібних до нашої зоряної системи — Галактики.

Але що значить зіткнення двох зоряних систем? Ми знаємо на прикладі нашої зоряної системи (а інші щодо цього від неї не відрізняються), що віддалі між зорями величезні — вони в мільйони і десятки мільйонів разів перевищують діаметри самих зір. Через те зорі всередині галактики не стикаються — в усякому разі, імовірність їх зіткнення мізерно мала. У той же час віддалі між галактиками тільки в десятки разів перевищують їх діаметри. Тому зіткнення галактик цілком можливі. Але завдяки гігантським віддалям між зорями зорі однієї галактики пройдуть серед зір іншої галактики, не стикаючись з ними. Оскільки розміри галактик величезні, цей процес триватиме мільйони років.

Інша справа — газово-пилова матерія, що заповнює простір між зорями. Ця матерія «вимітається» з своєї галактики, і при «вимітанні» створюється потужний потік радіовипромінювання. Галактики, що стикаються в сузір'ї Лебедя, перебувають від нас на віддалі 300 млн. світлових років. Наші радіотелескопи сприймають від них стільки ж радіовипромінювання, скільки звичайно його надходить від Сонця. Але галактики в Лебеді в двадцять трильйонів раз далі від нас, ніж Сонце. Звідси ясно, яке потужне радіовипромінювання цих галактик.

Такими самими потужними радіовипромінювачами є й деякі інші галактики. Походження їх радіовипромінювання далеко ще не з'ясовано. Однак безперечним є те, що походження космічного радіовипромінювання зв'язане з особливостями поведінки в певних умовах речовини зір і газів, що заповнюють міжзоряний простір. До розв'язання цього питання наука неухильно наближається.

Сучасні великі радіотелескопи можуть приймати радіовипромінювання від значно дальших зоряних систем, ніж галактики в Лебеді, навіть від таких, які залишаються цілком недоступними для найпотужніших оптичних телескопів. Це значить, що віддалі від нас до таких джерел радіовипромінювання вимірюються багатьма мільярдами світлових років, що ці джерела, може, знаходяться на межі Метагалактики (див. стор. 418).

Є ще інша, дуже важлива і цікава галузь радіоастрономії. Вона виникла в результаті винайдення приладу, що називається «радіолокатором».

Радіохвилі мають властивість відбиватись від різних тіл. Енергія відбитих хвиль значно слабша, ніж енергія радіохвиль, що падають на тіло. Але можна добитись потужнішого відбивання радіохвиль, спрямувавши на предмет вузький пучок радіохвиль, які майже не розсіюватимуться на сторони. Ці радіохвилі буде легше виявити. Для коротких радіохвиль вдалося створити такі прилади, антена яких посилає радіохвилі вузьким, але інтенсивним пучком. Такий прилад називається р а д і о л о к а т о р о м. Його можна порівняти з прожектором. Світло прожектора поширюється вузьким, але яскравим пучком тільки в одному напрямі, не розсіюючись по сторонах. В результаті цього на далекий предмет падає яскравіше світло, яке відбивається від нього і повертається до нас, даючи змогу цей предмет побачити. Спеціальна антена радіолокатора, що називається н а п р я м л е н о ю а н т е н о ю, посилає також вузький пучок радіохвиль. Вона може обертатися в будь-який бік.

Напрям антени, при якому виходять відбиті радіохвилі, завжди точно збігається з напрямом руху предмета, що їх відбив.

Більш того, радіолокатор дає змогу визначити і віддаль до цього предмета. Для цього радіохвилі випромінюють протягом коротких проміжків, як кажуть імпульсами, що тривають тисячні частки секунди, після чого миттю перемикають прилад на приймання відбитих радіохвиль.

Хоч яка велика швидкість поширення радіохвиль (300 000 *км/сек*) і хоч який малий внаслідок цього проміжок часу до повернення радіосигналу, або радіолуни, його вдається виміряти, а отже, визначити віддаль до предмета.

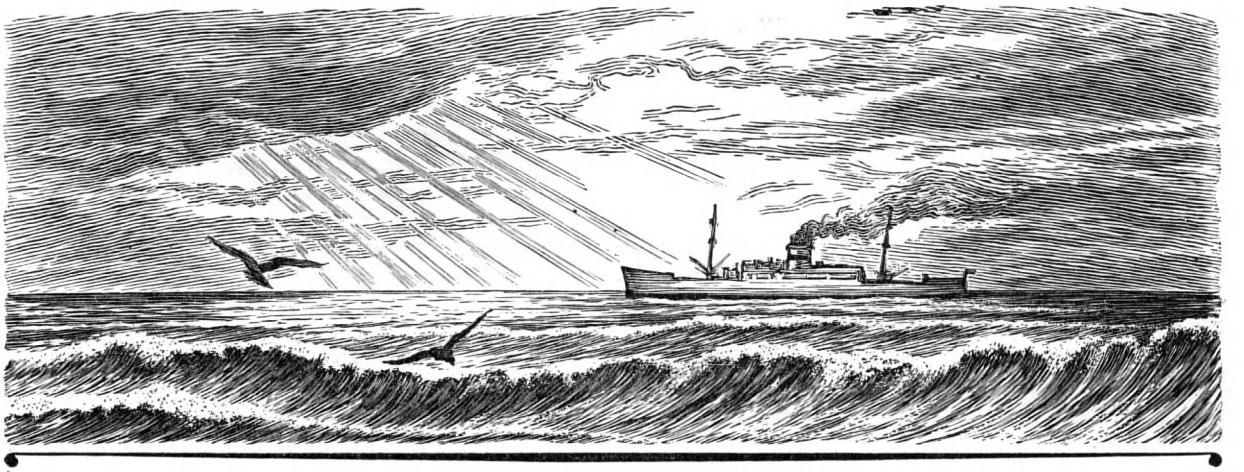
Радіохвилі відбиваються також від наелектризованих газів, тому стало можливим визначати віддаль до слідів, що їх залишають «падаючі зорі» — метеорні тіла. Коли метеорне тіло влітає в земну атмосферу із світового простору, від опору повітря воно розжарюється і випаровується. Метеорне тіло залишає в атмосфері свої наелектризовані частинки і електризує частинки повітря. В результаті після пролітання метеорного тіла залишається світний слід. Він відбиває радіохвилі і дає змогу встановити віддаль до метеора, що дорівнює десяткам кілометрів. Щоб напасти на метеорний слід, антену радіолокатора безперервно обертають на всі сторони, систематично «обшукуючи» небо.

Так вдається тепер визначати шляхи метеорних тіл у земній атмосфері, їх швидкість і гальмування, а звідси і властивості земної атмосфери на висотах, які недоступні для вивчення з аеростатів або літаків. Цікаво, що такі дослідження можливі крізь хмари, коли метеорів не видно.

У 1946 р. вдалося дістати радіолуну від Місяця, найближчого до нас небесного тіла, віддаль до якого від нас дорівнює 384 400 *км*. Час, що минув до приймання радіолуни, дорівнював близько 2 секундам. Віддаль до Місяця, яку визначено за допомогою радіолокатора, збігається з віддаллю, яку обчислено раніше звичайними астрономічними способами.

Успішна радіолокація Місяця обіцяє заманливу перспективу: можливість «прощупати» крізь хмарні атмосфери невидимі поверхні планет Венери, Юпітера та Сатурна і встановити їх рельєф.

У майбутньому радіоастрономія подасть ученим ще дійовішу допомогу в пізнанні глибин безконечного Всесвіту.



Як астрономія допомагає людині

ЛІЧБА ЧАСУ, ГОДИННИК І КАЛЕНДАР

КОЛИ?

Ви умовились зустрітися з приятелем біля входу до парку. Ця адреса точна, але самої адреси ще мало: ви забули сказати, к о л и — о котрій годині, тому зустріч не відбулась.

Усе в світі відбувається не тільки десь, а й колись: усі речі і події мають свою адресу не тільки в просторі, а й у часі.

Час безперервно тече, і все в світі змінюється з бігом часу. Через те дуже важливо знати, коли сталась чи станеться певна подія — рік тому чи через місяць; коли почалось і закінчилось те чи інше явище, тобто скільки часу воно тривало — десять годин чи десяту частку хвилини.

Поїзд пройшов 60 *км*, автомобіль — 40 *км*. Чи можна сказати, що поїзд рухався швидше? Ні! Якщо він зробив свою подорож за годину, а автомобіль — за півгодини, то, звичайно, швидкість автомобіля більша.

Два токарі виготовили по десять однакових деталей; хто з них працював швидше? І на це запитання не можна відповісти, поки невідомо, скільки часу затратив кожний з них на свою роботу.

На підприємствах і залізницях час лічать хвилинами й іноді навіть секундами.

У наукових лабораторіях прилади вимірюють десяті, соті і навіть тисячні та мільйонні частки секунди. На фабриках і заводах, у колгоспах, установах, школах — скрізь потрібний точний календарний план і строгий облік часу. Щоб скласти план і обліковувати час, треба його вимірювати.

Тепер це легко може зробити кожен: кілька разів на день ви дивитесь на годинник, уранці або ввечері відриваєте наступний листок календаря.

Відривний або табель-календар зовсім простий порівняно з хитромудрим годинниковим механізмом, але минули тисячі років, перш ніж вдалося розробити правильну лічбу часу — систему числення діб і місяців, щоб створити наш календар. І, хоч як це дивно, теперішній календар менш зручний, ніж той, що існував у Єгипті близько 2000 років тому.

Є годинники, які за цілий рік, якщо навіть ні разу їх не перевіряти, схиблять лише на 2—3 секунди, і того менше.

Чи можна створити такий самий точний календар, як годинники? Ні, і ось чому.

Вагу можна вимірювати кілограмами або пудами. Довжину, площу, об'єм вимірюють різними умовними одиницями, наприклад, метричними. Усі ці одиниці вимірювання умовні: вони придумані людьми і можуть бути замінені іншими.

А основні міри часу дала сама природа: д о б у — період обертання Землі навколо своєї осі, р і к — період обертання Землі навколо Сонця. Ці міри не придумані, і їх не можна обійти: вони однакові і обов'язкові для всіх країн і народів.

Правда, можна вимірювати час за допомогою інших явищ, що повторюються через однакові проміжки часу, але доба і рік найзручніші: з ними зв'язана вся трудова діяльність людини.

Можна умовитись, що в метрі 100 сантиметрів, у карбованці — 100 копійок, у годині — 60 хвилин і т. д., але не можна зробити так, щоб природний рік містив ціле число діб, бо це від нас не залежить. І хоч-не-хоч ми повинні пристосувати календарне числення до природних мір часу.

Якби в році було точно 365 $^1/_4$ або 365 $^1/_8$ доби, справа стояла б зовсім просто: з цих четвертих або восьмих можна скласти цілу добу. Але в році 365 цілих діб плюс 5 годин 48 хвилин 46 секунд і частки секунд. З цієї «добавки» не можна скласти цілу добу: адже 24 години не діляться без остачі на 5 годин 48 хвилин 46 секунд з частками. Через те й неможливо розробити досконало точний календар.

Проте можна створити календар, зручніший, ніж той, яким всі ми користуємось. Можна, але цьому заважають обставини, про які ви скоро дізнаєтесь.

Тепер добре відомо, скільки часу триває рік, але ви, певно, не уявляєте собі, як важко було це встановити. Тільки багатовікові астрономічні спостереження дали змогу визначити тривалість року, знайти спосіб вимірювати час, розробити правильний календар. По суті астрономія і почалася з вимірювання часу.

ДОБА, МІСЯЦЬ І ТИЖДЕНЬ

Після темної ночі загоряється зірниця і настає світлий день, а потім знову приходить вечір. Зміна дня і ночі — доба — і була першою природною мірою часу, яку відкрила людина.

За давніх-давен первісні пастуші племена кочували з місця на місце, шукаючи нових пасовищ, і іноді заходили далеко від своїх становищ. Повертаючись назад, вони вибирали правильний напрям, орієнтуючись по Сонцю та зірках.

Небесні світила були не тільки надійними дороговказами. У теплу пору року Сонце піднімається вище, у холодну — опускається нижче до горизонту. Значить, по Сонцю можна дізнатись, чого слід чекати — літа чи зими. Положення сузір'їв на небі також змінюється в різні пори року. Щоб легше було стежити за світилами, люди ще в старовину підмітили на небі групи зір — сузір'я.

У сільському господарстві дуже важливо заздалегідь знати, коли настане час, сприятливий для оранки, сівби та збирання врожаю. Ось чому астрономія вже тисячі років тому особливо успішно розвивалася в Китаї, Індії, Вавілоні, Єгипті — в тих народів, які ще в глибокій давнині прославились культурним землеробством.

Тепер кожний з нас легко може бути «пророком» і в лютому сказати, що через місяць настане весна. Щоб точніше завбачити зміну пір року, треба знати тривалість року. Стародавні народи довго не знали цього. Вони догадувались про те, що урожай залежить від Сонця — джерела тепла та світла, сліпо вірили в його всемогутню силу і вважали його головним божеством. Але по зовнішньому ви-

гляду Сонця важко було простежити за зміною пір року.

Інша справа — Місяць. Це найбільше з нічних світил різко виділяється серед них не тільки своєю величиною та яскравістю: у Місяця послідовно змінюється видима форма. Ледве помітний, тонкий і блідий серп поступово перетворюється в світлий півкруг і пишний в своєму блискотінні диск; потім, день у день зменшуючись, Місяць завершує свій шлях знову вузьким серпом, поки зовсім не зникне на дві-три доби.

Дивні і незрозумілі зміни форми Місяця, їх незмінно точна і строга послідовність здавались стародавнім спостерігачам незбагненною загадкою. Немов долаючи морок ночі, сріблясте світло пробуджувало фантазію і уяву людей, породжувало віру в якусь чудесну, божественну силу Місяця. І, поклоняючись «цариці ночі», жерці почали стежити за незрозумілими змінами лику Місяця.

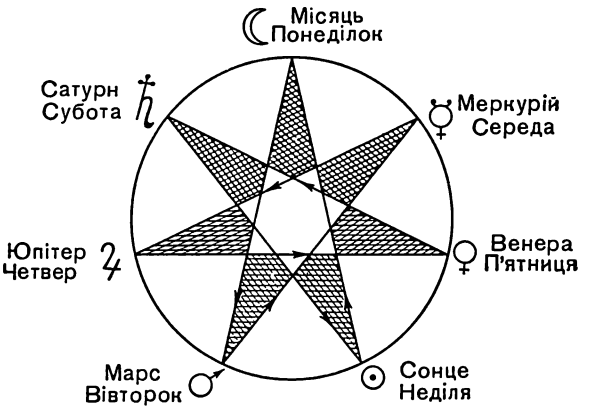
Неважко було підрахувати, що всі місяцеві фази змінюються за 29—30 діб[1]; так було відкрито другу природну міру часу — м і с я ц ь. Недаром і досі в деяких мовах, як і в українській, місяцем називають і Місяць і період часу близько 30 днів. За цими місяцевими місяцями — від одного «першомісяччя» до другого — китайці і вавілоняни вели лічбу часу і встановлювали строки землеробських робіт.

Доба і місяцевий місяць були основними мірами часу в усіх стародавніх народів. За цими місяцями і були складені перші календарі. От саме тоді, близько 6 тис. років тому, або навіть ще раніше і виникло поняття «рік». Роком вважали 12, а іноді й 13 місяцевих місяців.

Початок року і першого місяця був пов'язаний з початком весняних польових робіт. Але сезонні зміни природи залежать не від руху Місяця, а від зміни пір року, від «кругообороту» Сонця.

Жерці-астрономи почали помічати, що календар дедалі більше розходиться з порами року: адже у 12 місяцевих місяцях тільки 354 дні — на $11\frac{1}{4}$ менше, ніж у справжньому році.

Щоб усунути цю невідповідність, жерці вводили в міру потреби додатковий, тринадцятий місяць і таким способом пристосовували місяцевий календар до строків сільськогосподарських робіт. Спочатку це був дуже незручний, плутаний і довільний календар.



Семикінцева зоря в колі з назвами небесних світил і днів була священним знаком астрологів. Вони вважали, що кожен день і будь-яка година перебуває під впливом одного із семи світил. Так, Місяць керує понеділком і першою годиною цього дня; друга година понеділка присвячена Сатурну (ліворуч по колу), третя година — Юпітеру і так далі до Меркурія, від якого залежить сьома година. Восьма година знову перебував у віданні Місяця, дев'ята — Сатурна, п'ятнадцята і двадцять друга — знов Місяця, двадцять третя — Сатурна і остання — двадцять четверта година понеділка — Юпітера. Наступна година, тобто перша година вівторка, і весь цей день вже перебував під покровительством Марса. Сім рівних знаків — це прийняті у астрологів і астрономів позначення планет.

Крім місяця, існувала ще одна міра часу — семиденний тиждень. Ця міра часу лише умовно зв'язана з місяцевим місяцем[1].

В Європу вона проникла з Вавілону і збереглася до наших днів.

Вавілоняни вірили, що останній день кожного тижня готує тільки злигодні, невдачі і через те ніяких справ не слід розпочинати в цей зловісний, проклятий богами день. Єгиптяни вважали, що в кожного дня семиденки є свій бог, який охороняє цей день і йому сприяє.

За прикладом єгиптян стародавні римляни кожний день тижня посвятили одному з семи богів і небесних світил: Сонцю, Місяцю і п'яти планетам, які за іменами римських богів дістали назву Марса, Меркурія, Юпітера, Венери, Сатурна.

---

[1] *Місяцевий місяць* — один оборот Місяця навколо Землі—триває в середньому 29 діб 12 годин 44 хвилини 2,8 секунди.

[1] У місяцевому календарі дні тижня не можна раз і назавжди погодити з місяцевими фазами, як у теперішньому календарі — з числами місяців. Адже у місяцевому місяці приблизно 29—30 діб, а в тижні тільки 7. Природно, що початок місяцевих фаз дуже рідко збігається з початком тижня. Через те саме дні тижня не збігаються і з числами місяців у нашому календарі.

І досі ці назви днів у значній мірі збереглися у французькій, німецькій, англійській і інших мовах; досі забобонні люди вважають понеділок «нещасливим» днем. Досі один з днів тижня — п'ятницю, суботу чи неділю — віруючі люди вшановують як релігійне свято.

Зовсім інакше склалися руські назви днів. У Стародавній Русі тиждень називався «седьмицею», а неділя — «днем недільним» або просто «неділею», тобто днем відпочинку і спокою, коли «немає діл». Понеділок — це перший день після (по) «неділі», вівторок — другий, середа — середина седьмиці, четвер і п'ятниця — четвертий і п'ятий дні, а субота — від слова «сабат» або «шабаш», тобто останній трудовий день тижня, кінець всяких справ.

Правильний календар вдалося розробити лише після того, коли було відкрито тривалість сонячного руху — періоду обертання Землі навколо Сонця.

СОНЯЧНИЙ РІК

Серед випалених сонцем пустинь склався і виріс у могутню державу Стародавній Єгипет. Тут, уздовж вузької долини Нілу, сама природа створила сприятливі умови для землеробства.

Щороку в одні й ті самі дні починала прибувати вода в Нілі і ріка поступово виходила з берегів, затопляючи навколишні поля. Такі поводі були не стихійним лихом, а всенародним святом: Ніл приносив на поля дорогоцінну вологу і родючий мул.

Щоб бережно розподіляти воду, єгиптяни споруджували канали і «пастки води»; греблі й шлюзи затримували її під час розливів ріки, а водойми зберігали воду до того часу, коли Ніл знову входив у береги.

Працею землеробів керували жерці. Вони обожествили Сонце як джерело світла, тепла, життя, вивчили шлях світила по небу, поклали початок постійним астрономічним спостереженням.

Щоб своєчасно підготуватись до благодатної поводі, треба було заздалегідь знати, коли почне прибувати вода в річці, а завбачити це на кожний рік було дуже важко[1].

Жоден єгиптянин не доходив до верхів'їв Нілу, ніхто не знав причин поводі, і ніякі прикмети на землі не передвіщали її заздалегідь. Жерці почали шукати ці прикмети на небі і знайшли їх.

Спостерігаючи видимий рух зір, жерці помітили, що найяскравіша з них — Сіріус — весною зникає в промінні вечірньої заграви. Вони не знали, що в цей час Сіріус сходить вже після світанку і тому його не видно. Тільки через 2 ½ місяця зоря знову «уперше» і спочатку ненадовго показується над горизонтом перед самим сходом Сонця, і якраз у ці дні починався розлив Нілу.

Зрозуміло, ніякого причинного зв'язку між цими явищами немає, але жерці проголосили цей збіг божественним знаменням, а Сіріус — священною зорею. Помітивши перший видимий схід цієї зорі — пізніше його назвали геліакічним[1],— жерці сповіщали народ про близький розлив ріки. І справді, їх завбачення збувались, допомагаючи вчасно підготовити канали, водосховища і поля до початку сільськогосподарських робіт.

Вдалі завбачення зміцнювали владу жерців і віру в них як у «пророків».

Жерцям було дуже вигідно підтримувати цей забобон: переконуючи народ, що боги наділили їх чудесною силою завбачати майбутнє, жерці присвоїли собі особливі права та переваги, стали замкнутим станом — кастою, примушували трудівників-хліборобів безмовно коритись їх велінням. «Необхідність обчислювати періоди розлиття Нілу,— зазначав Маркс, — створила єгипетську астрономію, а разом з тим панування касти жерців як керівників землеробства».

Провадячи спостереження за Сіріусом, жерці підрахували, що від одного геліакічного сходу до наступного проходить 365 діб. Відкривши приблизну тривалість року, вони вже могли впевнено і задовго завбачати розлив ріки. Звичайно, «секрети пророцтв» жерці держали в секреті від невтаємничених. Можливість провадити астрономічні спостереження була тільки у них, і вони користувались своїм авторитетом для того, щоб тримати народ у сліпій покорі і рабській підлеглості.

Єгипетські жерці розробили дуже простий і зручний календар: рік, що складався з 365 діб, вони поділили на 12 місяців по 30 днів, а в кінці року приєднували п'ять додаткових днів. У кожному місяці було по три десятиденки. Місяцеві місяці вже не мали ніякого значення в єгипетському календарі: його основою був

[1] Лише в 1863 р. було встановлено, що Ніл розливається внаслідок дуже великих літніх злив на Абіссінському плоскогір'ї.

[1] Слово «геліакічний» означало, що небо вже осяяно першими променями сходячого Сонця («геліос» по-грецьки — Сонце).

сонячний рік — період одного обороту Землі навколо Сонця.

Проте в цього простого календаря була істотна хиба: адже в дійсності в році не рівно 365, а близько 365 $^1/_4$ доби. З таких четвертих за чотири роки набігала ціла доба. Це не випало з уваги жерців. Після багаторічних спостережень вони помітили, що геліакічний схід Сіріуса кожні чотири роки запізнюється за календарем на одну добу. Проте жерці не хотіли на це зважати.

Як же так: на небі повинна панувати божественна гармонія, а тут тобі якась четверта доби вносить «незаконний» розлад у цей строгий порядок, наперед установлений самими богами! І жерці продовжували вважати, що в році рівно 365 діб.

Легко догадатись, до чого це мало привести.

Початком року в єгипетському календарі вважалось урочисте свято геліакічного сходу Сіріуса. Кожні чотири роки цей день пересувався по календарю на один день. Для нас було б безглуздям відзначати, наприклад, першотравневе свято в 1955 р. 1 травня, у 1959 р.— 2 травня і т. д.

Але єгипетські жерці навмисне не виправляли помилки, щоб не порушувати релігійних забобонів та марновірства, а може, і для того, щоб усі свята по порядку обійшли всі дні року і таким способом «освятили» їх.

І Новий рік так само «блукав» по всіх днях календаря.

Один з царів еліністичного Єгипту, Птолемей III Евергет, у 238 р. до н. е. намагався виправити хибу календаря і запропонував кожний четвертий рік подовжувати на один 366-й день. Проте жерці через релігійні забобони не дали здійснити цієї розумної пропозиції.

І після цього більш як двісті років в Єгипті зберігався старий «блукаючий» календар. Лише в 26 р. до н. е. в Єгипті запровадили календар, запропонований Евергетом, — найпростіший і найзручніший. На жаль, наш теперішній календар ми успадкували не від єгиптян, а від римлян.

Урочисто вустрічали єгипетські жерці навесні перший схід Сіріуса, що оповіщав про початок року та бливький розлив Нілу.

(Рисунок В. І. Таубера, гравірував Л. С. Биков).

СТАРИЙ І НОВИЙ СТИЛЬ

У Стародавньому Римі до Юлія Цезаря був дуже плутаний місяцево-сонячний календар. Рік починався у березні і складався з 12 місяців: чотири місяці мали по 31 дню, сім — по 29, останній місяць, лютий,— 28, а всього в календарі було 355 днів, тобто на 10 $^1/_4$ дня менше, ніж у сонячному році.

Щоб привести цей календар у відповідність з природою, найкоротший місяць, лютий, раз на два роки подовжували то на 22, то на 23 дні. Таким чином, календарний рік мав у середньому 366 $^1/_4$ дня і був на добу довший проти сонячного року.

За тридцять років з цієї зайвої доби поступово набігав цілий місяць. І що ж виходило? У природі наставала, наприклад, весна, дужче починало пригрівати Сонце, настав час сіяти хліб, а по календарю все ще тривав зимовий місяць лютий.

Чим далі, тим більше розходились календарні місяці з порами року і святами, які були зв'язані з весняними і осінніми польовими роботами.

Дуже незручно жити за двома календарями— природним і штучним. Тому верховному жерцю було надане почесне право самовільно вставляти додаткові місяці в календар, щоб пристосувати урочисті щорічні свята до строків сівби і жнив.

Жерці цим правом користувалися в своїх інтересах: якщо їм вигідно було продовжити строк служби чиновників, яких призначали звичайно на рік, вони подовжували цей рік більше, ніж слід було; хотіли жерці раніше зібрати податки з трудового населення — і вони не вставляли додаткового місяця. Сваволя жерців так заплутала лічбу часу, що це викликало небезпечне невдоволення народу.

Треба було перебудувати календар, привести його у відповідність з порами року і працею землеробів. Цю реформу понад 2000 років тому (у 46 р. до н. е.) і провів диктатор Юлій Цезар, використавши досягнення єгипетської астрономії. Він прийняв тривалість року за 365 $^1/_4$ доби і наказав три календарних роки вважати по 365 діб, а в четвертому — високосному — 366.

Цим календарем ми користуємося й тепер, вважаючи високосними ті роки, числа яких діляться на чотири, наприклад, 1952, 1956, 1960 і т. д.

Юлій Цезар міг упорядкувати календар, бо мав вищу владу в державі як цивільний і військовий диктатор і як верховний жрець. Однак він все-таки не наважився прийняти простий і зручний єгипетський календар з його стрункім поділом року на 12 тридцятиденних місяців. Замість цього римські місяці дістали по 30 і 31 дню, тільки в лютому по-старому залишилося 28 днів, і на цей найкоротший місяць раз на чотири роки накидали один день.

Початок року Цезар переніс з березня на 1 січня (у цей день приступали до своїх обов'язків вищі державні чиновники), але зберіг старі назви місяців, допустивши при цьому певну непослідовність.

Справа в тому, що в старому римському календарі перший місяць був присвячений богові Марсу і називався марціус, другий — априліс, третій і четвертий були названі іменами богинь Майї та Юнони: майус, юніус, а наступні місяці називались просто за латинськими числівниками: п'ятий — квінтиліс, шостий — секстиліс, сьомий — септембер, восьмий — октобер, дев'ятий — новембер і десятий — децембер. Останні два місяці знову-таки були названі іменами богів: януаріус (за ім'ям Януса) і фебруаріус (від Фебруус).

Коли передостанній місяць, януаріус, став першим, усі інші місяці перемістились на два: септембер став вже не сьомим по порядку, а дев'ятим, октобер — не восьмим, а десятим і т. д., але ці назви не були змінені. Пізніше п'ятий місяць, квінтиліс, на честь Юлія Цезаря було названо його ім'ям (він народився в квінтилісі), а секстилісу було присвоєно ім'я першого римського імператора — Августа, який захопив владу після смерті Цезаря.

З того часу в багатьох країнах і збереглися до наших днів назви місяців за іменами богів, богинь і стародавніх імператорів, а також за латинськими числівниками, хоч ці числа зовсім не відповідають тим порядковим місцям, які займають у календарі деякі місяці.

Тільки в староруській мові, а тепер в українській і деяких інших слов'янських мовах кожен місяць все ще має назву за характерними для нього природними явищами: січень, лютий, березень, квітень, травень, червень, липень, серпень, вересень, жовтень, листопад, грудень.

Сам календар, названий за ім'ям Юлія Цезаря юліанським, проіснував більш як півтора тисячоліття без зміни. Навіщо ж потрібно було згодом його виправляти?

За юліанським календарем, рік триває в середньому 365 $^1/_4$ доби, а в сонячному році (період одного обороту Землі навколо Сонця) 365 діб 5 годин 48 хвилин 46 секунд з частками, тобто він коротший на 11 хвилин 14 секунд з частками, або на $^1/_{128}$ частину доби. З таких щорічних похибок за 128 років набігала вже зайва доба. А це значить, що календар вказував, наприклад, 31 грудня, коли насправді вже було 1 січня. Через 128 років календар відстав ще на добу, потім ще і ще.

Це викликало серйозні незручності в практичному житті і в житті самої церкви.

Усі християнські свята в 325 р. були розмічені за юліанським календарем. При цьому настання свята великодня слід було розраховувати за першим весняним новомісяччям, а початок весни був пристосований до 21 березня — у 325 р. саме на це число припадав день весняного рівнодення. Але минуло 128 років, і цей день відсунувся на 20, потім на 19 березня, а весняне свято великдень дедалі більше віддалялося від початку весни.

У XVI ст. день весняного рівнодення за календарем припадав вже на 11 березня, тобто

на 10 днів відстав від числа, за яким розраховували настання великодня.

Наприкінці століття глава римсько-католицької церкви папа Григорій XIII створив спеціальну комісію; вона повинна була виправити календар так, щоб день весняного рівнодення знов припадав на 21 березня і в майбутньому завжди збігався саме з цим календарним числом.

Усунути похибку, що на той час набігла, було неважко: для цього треба було пропустити в календарній лічбі 10 днів. Григорій XIII так і зробив: він наказав у 1582 р. після 4 жовтня вважати не 5-е, а одразу 15 жовтня. Але як бути далі?

В юліанському календарі зайва доба набігає за 128 років, тобто приблизно три доби за 400 років.

Значить, треба пропускати за 400 років ці три дні, і все буде гаразд. Для цього Григорій XIII за порадою календарної комісії наказав не вважати високосними (тобто пропускати 29 лютого) ті «сотенні» з двома нулями на кінці роки, числа яких не діляться на 400.

За цим календарем, як і за юліанським, 1600 рік вважався високосним, а 1700, 1800 і 1900, на відміну від юліанського календаря, вже не вважались високосними, бо 1700, 1800, 1900 не діляться на 400. Таким способом за чотириста років пропускались три «зайві» доби.

Тривалість григоріанського року відрізняється від тривалості сонячного року не на 11 хвилин 14 секунд, як в юліанському календарі, а тільки на 26 секунд. Оскільки в добі 86 400 секунд, то величина цього відхилення досягає цілої доби через 3323 роки (86 400 : 26), вважаючи з часу запровадження григоріанського календаря (1582), тобто тільки в сорок дев'ятому столітті.

Новий календар став називатись григоріанським, або «новим стилем», на відміну від юліанського календаря — «старого стилю». Спершу новий стиль було введено в державах, де більшість населення становили католики: в Італії, Іспанії, Франції, а потім і в інших європейських країнах.

У дореволюційній Росії пануюча православна церква рішуче противилась запровадженню нового стилю. Даремно Академія наук і передові вчені, як Д. І. Менделєєв, вказували на бажаність календарної реформи; вплив духовенства на царський уряд залишався сильнішим.

Тільки після Великого Жовтня на пропозицію В. І. Леніна з 14 лютого 1918 р. у нас запроваджено новий стиль.

ЧИ ЗАДОВОЛЬНЯЄ ТЕПЕРІШНІЙ КАЛЕНДАР

Після того як юліанський календар прийняли в європейських державах, за початок року не скрізь вважали 1 січня: в одних країнах це було 25 грудня, в інших 1 або 25 березня.

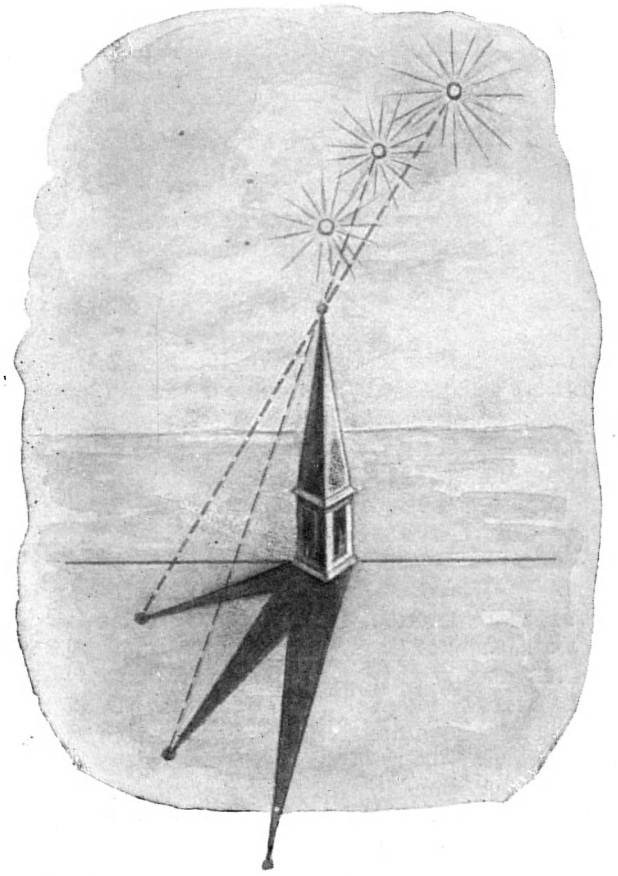
Такий самий різнобій панував у літочисленні: у старовину в кожного народу була своя ера, тобто час лічили від своєї початкової дати. У пізньому Вавілоні лічбу часу вели від початку царювання Набонассара, римляни — від гаданого року заснування Рима, інші народи — від вигаданого «створення світу».

Коли почав царювати Набонассар, відомо точно — 27 лютого 747 р. до н. е. Цього не можна сказати про заснування Рима: правда, римляни вважали, що місто виникло в 753 р. до н. е., але ця дата недостовірна.А «створення світу» взагалі ніколи не було: ця дата міфічна, яку церковнослужителі вигадали для зміцнення релігійної віри в «творця світу». Хоч Земля існує вже мільярди років, християнська церква датою «створення світу» вважає 21 березня 5508 р. до н. е.

У Стародавній Русі літочислення вели «від створення світу» і календарний рік починали раніше з 1 березня, а потім з 1 вересня. Дуже урочисто, в присутності самого царя, відзначався день Нового року — «новоліття» у Московському кремлі. За старовинним звичаєм, Петро I брав участь у цьому святі 1 вересня 7208 р. (за теперішнім літочисленням у 1699 р.).

І раптом, зовсім несподівано, 15 грудня того самого року глашатаї оголосили народові на столичних площах новий царський указ: з 1 січня і надалі наказувалось «лета счислять от рождества Христова, а не от создания мира». Петро I наказав прикрасити столицю в день майбутнього свята. Уранці 1 січня сам цар командував військовим парадом на Красній площі, увечері на московських вулицях заграло яскраве різнокольорове світло «вогненних потіх» — фейєрверка.

Це нововведення Петра I, як і всі його реформи, викликало незадоволення прихильників старовини — бояр і духовенства. Проте з 1700 р. початок року в Росії було перенесено на 1 січня, а за початок літочислення взяли міфічну дату «різдва Христового». Ця ера,



Найпростішим годинником був гномон, або «ловець тіні»,— вертикальна жердина або обеліск. При світлі Сонця гномон відкидав тінь, а за її довжиною і напрямом визначали час.

як і «ера від створення світу», заснована на сліпій релігійній вірі в Христа, якого ніколи не було, і на цілком довільному обчисленні дня його народження.

Проте християнська ера була прийнята в усіх культурних державах і називається «нашою ерою», або «нашим літочисленням». Але справді наше, радянське літочислення веде свій початок від 7 листопада 1917 р.— дня, в який крейсер «Аврора» громом своїх гармат сповістив про початок нової ери в історії людства — ери Великої соціалістичної революції. Цю еру зазначено на кожному листку наших відривних календарів.

Точність календаря не залежить від того, з якого дня починається рік: з 1 січня чи з 7 листопада; треба тільки, щоб умовна дата була прийнята як загальнообов'язкова. І літочислення можна починати з будь-якої дати: важлива не подія — достовірна чи міфічна, яка з цим днем зв'язана, важлива загальнообов'язковість дати, від якої умовилися вести лічбу років.

Хиба існуючого календаря не в тому, що він веде літочислення від міфічної дати, а в тому, що він зберіг деякі пережитки, які породжують багато незручностей.

Місяці мають різне число днів — від 28 до 31, квартали — від 90 до 92, у першому півріччі 181 або 182 дні, у другому — 184. Щоб правильно розрахувати, наприклад, скільки тонн чавуну має давати доменна піч за місяць чи квартал, доводиться щоразу брати до уваги число днів. Подібно до цього і на інші календарні розрахунки неминуче затрачується дуже багато праці.

У 1899 р. наш великий учений Д. І. Менделєєв, вказуючи на цінні переваги єгипетського календаря, пропонував ввести його в загальний ужиток. Тоді всі місяці мали б однакову тривалість і кожний день десятиденки припадав би на одні й ті самі числа. Можна було б видати «вічний» календар, придатний для будь-якого року, і спростилися б усі розрахунки, зв'язані з обчисленням днів. Але ні цей, ні інші проекти реформи календаря досі не здійснені.

Усунути незручності календаря можна лише у всесвітньому масштабі, за міжнародною угодою всіх держав, а це зовсім не так просто. У капіталістичних країнах ще сильні релігійні забобони, великі влада і вплив церкви — ось що стоїть на заваді для введення календаря, простішого і зручнішого, ніж той, яким ми тепер користуємось.

Саме через це в Організації Об'єднаних Націй і досі не прийнято проект Всесвітнього календаря, внесений Індійською Республікою і підтриманий СРСР та багатьма іншими країнами, в яких число жителів перевищує половину населення Землі.

Цей проект дає нам можливість, зберігаючи зручні основи григоріанського календаря, водночас усунути незручності в лічбі часу всередині року.

Для цього рік ділиться на 4 рівних квартали. У кожному з них 91 день, або 13 семиденних тижнів, що утворюють три місяці — перший 31 день, два інших по 30 днів. Перший день року і кожного кварталу припадає на неділю. 365-й день вставляється в кінці року, а 366-й — у високосні роки — додається до другого кварталу. Ці дні не йдуть в рахунок тижня і не мають числа.

Кожний рік і кожний квартал починаються неділею і кінчаються суботою, у кожному

місяці 26 робочих днів. Усі дні тижня рік у рік припадають на ті самі числа місяців. Отже, можна було б видати дуже зручний «вічний» календар.

Найближчий рік, що починається з неділі,— 1967 рік. З цього року й було б зручно перейти на новий календар.

ТРИ СТРІЛКИ

Як ви пам'ятаєте, будь-який календар грунтується на правильному поєднанні двох природних мір часу—року і доби. Природа поділяє добу на дві — звичайно нерівні — частини: день і ніч. Так «вимірювали» час і наші далекі предки.

У Китаї близько 4 тис. років тому, а пізніше і у Вавілоні добу вже поділяли на 12 рівних частин, подібно до того як рік — на 12 місяців. Час протягом дня вимірювали, виходячи з довжини та напряму тіні від вертикальної жердини — г н о м о н а, освітленого Сонцем. Цей вказівник тіні і був п е р ш и м годинником.

Понад 2500 років тому вавілоняни придумали сонячний годинник: невеликий стержень почали укріплювати на плоскій дошці (або півкулі), розграфленій лініями,— це й був циферблат сонячного годинника, а тінь від стержня правила за г о д и н н у с т р і л к у.

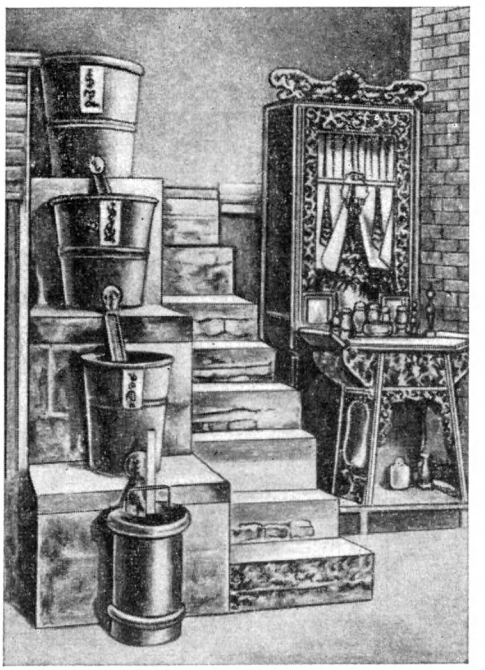
Звичайно, сонячний годинник показував час тільки вдень. Уночі його заміняла к л е п с и д р а («крадійка води») — так у Греції називали водяний годинник, перейнятий з Вавілону або Єгипту. У Китаї він відомий ще раніше. Це була спочатку проста металева або глиняна, а потім скляна посудина, яку наповнювали водою. Повільно, крапля за краплею, витікала вода, рівень якої знижувався, і поділки на посудині вказували, котра година.

Клепсидрою користувались для вимірювання часу не тільки вночі, а й удень. Проте сонячний годинник точніший, тому його поступово вдосконалювали. І вже не добу, а тільки денний час — від світанку до смеркання — почали ділити на 12 годин. Потім астрономи для зручності спостережень і нічний час поділили на 12 годин.

Доба вже складалась з 24 годин, але години не були однакові щодо своєї тривалості: у довгі літні дні денні години були довші від нічних, а взимку — навпаки. Такими нерівними годинами вимірювали час навіть і в середні віки.

На Русі було встановлено зручніший поділ часу: кожна година мала однакову тривалість незалежно від пори року, але число денних і нічних годин змінювалося в різні місяці. У грудні, наприклад, денних годин було тільки сім, у вересні і березні — дванадцять, а в червні — сімнадцять. Землероб чи ремісник задовольнявся тоді визначенням часу по Сонцю. Механічних годинників, що не залежали б від руху Сонця, не було.

Такий годинник — з колісним механізмом і гирею — з'явився в Європі лише близько 800 років тому (у Китаї його винайшли значно раніше). Йшов він дуже погано, і на циферблаті мав тільки одну стрілку — годинну. Про хвилини тоді ще ніхто не дбав, та й сам годинник використовувався більше для прикрашання палацових башт або церковних дзвіниць у найбільших містах.

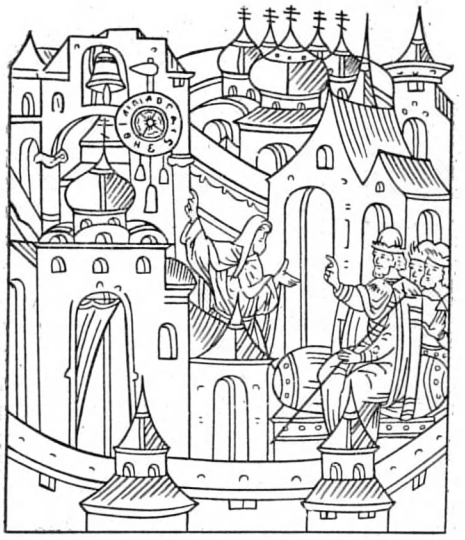


Уперше водяний годинник збудували, мабуть, у Китаї. На сходах стояли чотири латунних чани; вода переливалась з верхнього чана в другий, потім у третій і четвертий. У нижньому чані вода поступово піднімала поплавець з рейкою, на якій були нанесені поділки. Вони й показували час.

У 1404 р. таке «часомерье, человеческой хитростью преизмечтано и преухищрено», прикрасило московський великокнязівський палац. Майстерно зроблений механізм автоматично, «самодзвінно і саморушно», відбивав кожну годину молотом по дзвону, «розмірюючи і розраховуючи години нічні і денні».

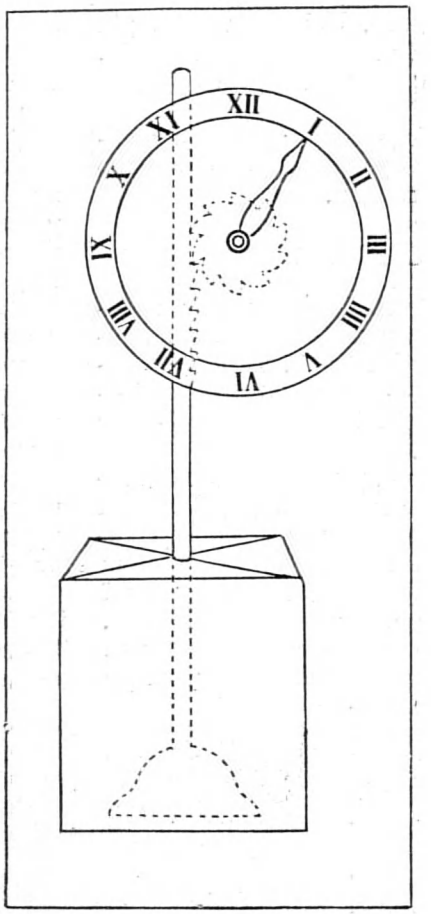
Приблизно через сто років з'явився і кишеньковий годинник; його колесам надавала руху не гиря, а пружина. Проте час він вимірював дуже неточно: на початку заводу, коли пружина була накручена туго, колеса рухалися швидше, і годинник поспішав, а під

Філософ Платон (V—IV ст. до н. е.) використав клепсидру як будильник. З верхньої посудини вода крапельками стікала в прямокутний чан, поступово наповнюючи його і трубку (1) всередині чана. Зверху трубка була закрита, а всередині її була друга трубка (2), зображена на рисунку пунктиром. Ця трубка вверху була відкрита, і коли вода досягала її верхнього кінця, то одразу переливалась через краї трубки в нижній чан і стискувала в ньому повітря. Воно намагалось вирватись з чана через фігуру флейтиста і вузький отвір флейти; при цьому чути було різкий звук, який будив учнів Платона, закликаючи їх на заняття.

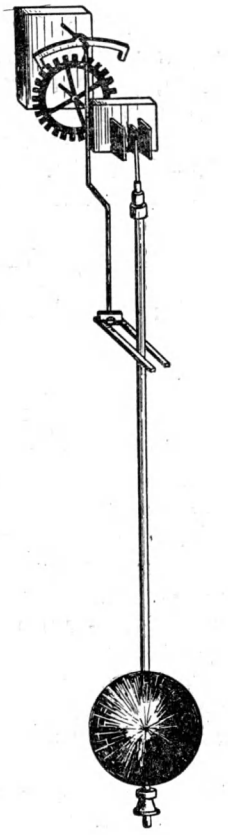


Руський годинник, установлений в 1404 р. на башті великокнязівського палацу в Москві. Цифри на циферблаті позначені літерами. На рисунку будівник цього годинника Лазар показує свій твір великому князеві Василеві Дмитровичу.

(Із старовинної гравюри).

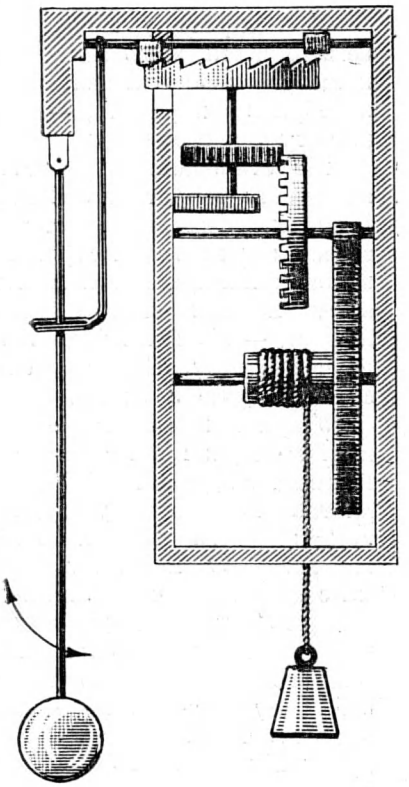


Римський архітектор Вітрувій (I ст. до н. е.) змайстрував перший водяний годинник із стрілкою. Тут вода, втікаючи в посудину, піднімала поплавець із стержнем. Зубці на верхній частині стержня примушували повертатися зубчасте колесо із стрілкою, яка вказувала час на циферблаті.

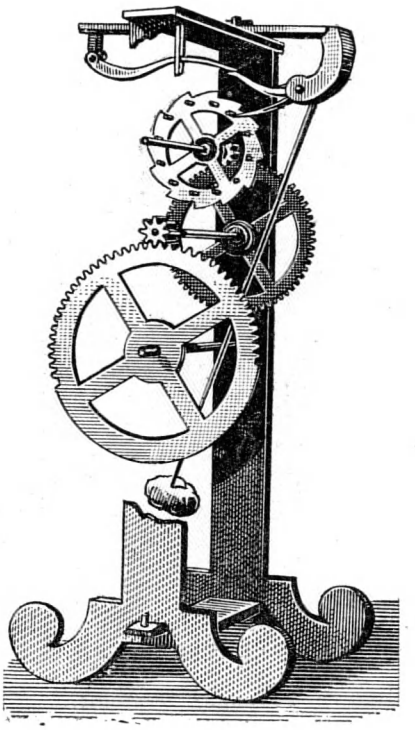


Механізм нашого стінного годинника побудовано приблизно так само, як і в годиннику Гюйгенса. Маятник за допомогою вилки примушує коливатись перекладину.

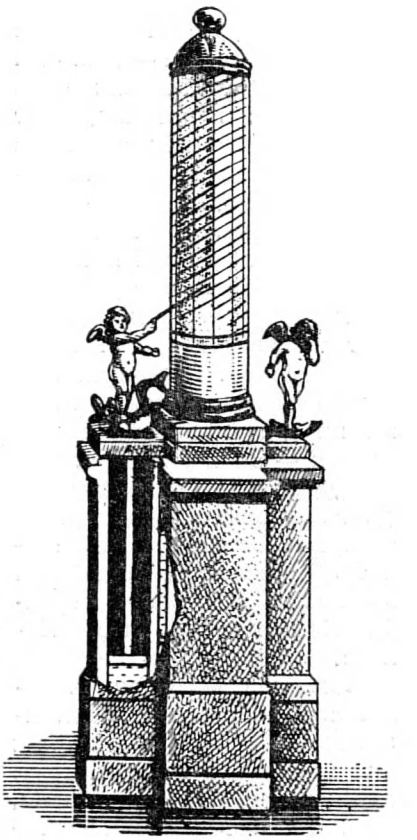
Перший кишеньковий годинник мав тільки одну годинну стрілку.



Годинник Гюйгенса (XVII ст.). У цьому годиннику гиря повертала колесо, і його обертання передавалось верхньому — храповому колесу. Маятник проходив між зубцями вилки, і при кожному гойданні вилка примушувала повертатися то вправо, то вліво стержень з двома пластинками. Ці пластинки були розміщені так, що по черзі упирались то в один, то в другий зубець храпового колеса. Цим вони регулювали рівномірне просування колеса через один і той самий проміжок часу.



Модель годинника з маятником Галілея (XVII ст.).



Точніший водяний годинник, придатний для астрономічних спостережень, створив талановитий грецький механік-винахідник Ктезібій (близько II ст. до н. е.). На колонці були нанесені поділки, що відповідали тій чи іншій годині. Унизу була посудина, куди тоненькою струминкою протікала вода. Вона поступово піднімала все вище поплавець з крилатим хлопчиком, і його паличка вказувала годину. Годинник Ктезібія відзначався і художнім опорядженням. Вода в посудину надходила з водопроводу через крилату фігурку другого хлопчика (праворуч), який плакав, утираючи очі і ніби сумуючи про безповоротно втрачений час.

Перший пісочний годинник створено понад тисячу років тому. За допомогою цього годинника можна було вимірювати лише невеликі проміжки часу, звичайно не більше півгодини. Особливо велике значення мав пісочний годинник на кораблях: у похмуру погоду, коли по небесних світилах не можна було визначити час, його встановлювали по пісочному годиннику.

кінець заводу, в міру ослабляння пружини, починав відставати. У баштовому годиннику, навпаки, чим нижче опускалась гиря під кінець заводу, тим швидше рухались колеса.

Як усунути цю хибу — нерівномірність ходу годинника? Великий італійський учений Галілео Галілей запропонував використати маятник, бо кожне гойдання маятника певної довжини відбувається точно за один і той самий проміжок часу.

Такого годинника вже після смерті Галілея змайстрував його син Вінченцо спільно з учнем Галілея Вівіані.

Не знаючи про цей винахід, знаменитий голландський учений Хрістіан Гюйгенс у 1656 р. створив досконалішого годинника з

маятником. На циферблаті годинника Галілея — Вівіані і Гюйгенса була тільки одна стрілка, як і на водяному годиннику Вітрувія, але через півстоліття однієї стрілки стало вже замало.

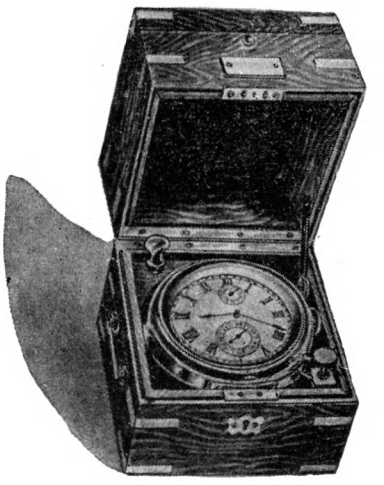
Мореплавство, техніка і наукові дослідження потребували точнішого вимірювання невеликих проміжків часу. І от на початку XVIII ст. на циферблаті годинника з'явилась друга стрілка — хвилинна, а через півстоліття і третя — секундна.

Дедалі більше і швидше вдосконалювалася годинникова справа. Особливою майстерністю уславились знамениті російські механіки Терентій Волосков та Іван Кулібін.

Волосков виготовив чудовий астрономічний годинник-календар. Складний механізм його мав багато дрібнісіньких коліщат; крім добового часу, годинник вказував число, місяць, рік, приводив у рух золоте Сонце і срібний Місяць, причому шлях Сонця по блакитному небу і фази Місяця змінювались відповідно до астрономічного календаря.

Прикрашений примхливим узором, годинник Кулібіна, завбільшки приблизно з гусяче яйце, мелодичним дзвоном відбивав кожну чверть години, а щогодини в ньому відчинялися стулки і малюсінькі фігурки виконували під музику сценку «У золотому чертогу».

Годинник Кулібіна.



Морський хронометр.

Важко уявити собі, який хист і терплячу пристрасть треба було мати для того, щоб вручну виготовити дрібнісінькі деталі таких неповторно рідких механізмів.

МІСЦЕВИЙ ЧАС І ХРОНОМЕТР

На початку XVIII ст. моряки примусили годинникарів розв'язувати складне завдання — як берегти час. Що це значить?

У відкритому морі, щоб не заблудити, мало мати компас; треба визначати місце, де перебуває корабель, — його широту і довготу.

Ще стародавні мореплавці визначали широту по Сонцю і зорях. Складніше стояла справа з довготою. Астрономи вказали найпростіший спосіб, яким моряки користуються й досі, — визначати довготу по годиннику. Справді, спосіб цей дуже зручний.

У різних місцях земної кулі не один і той самий час. Коли на східній окраїні СРСР настає полудень, у Москві тільки друга година ночі. На кожному меридіані свій, місцевий, час, і на віддалі 15° довготи різниця в часі дорівнює рівно 1 годині. Значить, за різницею місцевого часу неважко визначити довготу, тобто віддаль у градусах від умовного початкового меридіана.

Якщо годинник на вашому кораблі вказує полудень, а за місцевим часом тільки 10 год. ранку, то корабель перебуває в 30° на захід від початкового меридіана. Місцевий час на морі визначають по небесних світилах, і треба тільки пильно берегти час початкового меридіана, тобто мати на кораблі добре вивірений точний годинник—хронометр. Але справа в тому, що такого годинника на початку XVIII ст. ще не було.

Годинник — механізм делікатний і вередливий: точність його ходу залежить від змін температури, вологості повітря, тиску атмосфери й інших обставин. Дуже важко передбачити і запобігти всім шкідливим впливам, що зменшують точність ходу годинника. А точність на кораблі потрібна висока: якщо хронометр схибить тільки на 1 хвилину, похибка при визначенні довготи на екваторі досягне 28 *км*. Хоч на інших широтах вона буде менша, та все ж може привести до небезпечних наслідків.

Правда, вже перші хронометри добре берегли час. Саме з того часу на циферблатах годинників і з'явилась секундна стрілка.

Проте велику точність мав далеко не кожний хронометр. Досконалих верстатів тоді ще не було, будь-яку з численних і надзвичайно дрібних деталей механізму доводилось виточувати і шліфувати вручну з бездоганною чистотою та акуратністю. Через те добрі хронометри були рідкістю і коштували надто дорого.

Теперішні суднові хронометри йдуть з точністю до півсекунди на добу, і завдяки великому винаходу — радіо — довго берегти час на кораблях тепер вже не доводиться. Десятки потужних радіостанцій всього світу кілька разів на добу передають сигнали точного часу безпосередньо з астрономічних обсерваторій.

ПОЯСНИЙ І ДЕКРЕТНИЙ ЧАС

На різних меридіанах час різний, а це дуже незручно, наприклад, для залізничного транспорту. Поїзди повинні приходити вчасно. Але за яким часом розраховувати їх рух? Було б дуже складно користуватись розписом за місцевим часом усіх станцій, які поїзд проходить на своєму шляху.

Через те в кожній державі для залізниць було введено єдиний час: у Росії — петербурзький, по Пулковській астрономічній обсерваторії, у Франції — по Паризькій, в Англії — по Грінвіцькій (поблизу Лондона). Але в кожному місті залишався свій місцевий час: коли в Москві наставав полудень, в Іркутську було вже 4 години 26 хвилин 49 секунд після полудня, у Владивостоці — 6 годин 17 хвилин 13 секунд вечора і т. д.

У Росії і інших найбільших державах було безліч місцевих часів і різниця між ними дорівнювала не тільки годинам, а також хвилинам і секундам. Цей різнобій усунули, запровадивши п о я с н и й час.

Для цього поверхню земної кулі за числом годин у добі поділили на 24 пояси меридіанами, що лежать один від одного на віддалі 15°, тобто з різницею часу рівно на одну годину. Всередині кожного поясу для всіх місць встановлено єдиний час, а саме: місцевий час меридіана, що проходить посередині цього поясу.

Початковим поясом умовились вважати той, посередині якого проходить нульовий (грінвіцький) меридіан. З цим поясом — він також називається нульовим — із сходу межує перший пояс, в якому всі годинники поставлено на 1 годину вперед порівняно з грінвіцьким часом; у наступному, другому поясі — на 2 години, у третьому — на 3 і т. д.

Час кожного поясу відрізняється від сусіднього рівно на 1 годину, а хвилини й секунди в усіх поясах однакові: коли в Москві, наприклад, 7 годин 10 хвилин 13 секунд, у Парижі і Лондоні — 5 годин 10 хвилин 13 секунд, у Владивостоці — 14 годин 10 хвилин 13 секунд і т. д. Замість безлічі місцевих часів у кожній державі тепер на всій земній кулі тільки 24 поясних часи.

В СРСР поясний час запроваджено з 1 липня 1919 р., при цьому межі поясів для зручності встановлено не точно по географічних меридіанах, а вздовж річок, або залізничних магістралей, або границь областей. Москва мала б входити в 3-й пояс, а включена в 2-й, Якутськ замість 9-го — у 8-й, північно-східна окраїна нашої Батьківщини—Чукотський п-ів— цілком включена в 12-й пояс. Східна межа цього поясу збігається з державним кордоном СРСР.

Коли в нульовому поясі полудень, наприклад 31 грудня, на Чукотському п-ві вже північ того самого дня, тобто настає 1 січня — новий рік. А на протилежному боці Берінгової протоки, яка відокремлює СРСР від Америки, у цей момент тільки година ночі 31 грудня. Різниця в часі між цими суміжними поясами вже не 1, а 23 години. Нічого несподіваного в цьому немає. Так і має бути.

Гляньте на світову карту поясного часу. Коли настає полудень у нульовому поясі, на захід від нього в кожному з наступних поясів на годину менше, тобто 11, 10, 9 і т. д. до західної кінцевості Аляски, де в цей момент 1 година ночі. У наступному в напрямі на захід поясі, куди входить наша Чукотка, у цей самий момент буде 0 годин, тобто північ, що передує настанню нового дня.

У Берінговій протоці, між Чукоткою і Аляскою, є два острови. Більший з них належить СРСР і названий ім'ям лейтенанта М. Ратманова, учасника першої російської кругосвітньої експедиції під командуванням І. Ф. Крузенштерна, менший належить США і називається о-вом Крузенштерна. Між цими островами і проходить границя, на якій починається день і кожне нове число місяця — нова дата. Перепливши чи перелетівши кілька кілометрів від радянського острова на американський, можна попасти... у вчорашній день.

Умовна лінія початку дня і дати встановлена не випадково, а складалась історично. У XVIII ст. російські мореплавці і звіробої

відкрили Америку з заходу і, просуваючись в глибину Аляски, зустрілися з англійськими колонізаторами, які проникли до Америки із сходу. Англійці вважали той день суботою, а росіяни — неділею, і обидві сторони були цілком переконані в своїй правоті.

Такі непорозуміння відомі ще з часів кругосвітньої подорожі експедиції Магеллана в 1519—1522 рр. Щоб не було плутанини в лічбі днів тижня і календарних чисел, моряки встановили правило: корабель, який проходить Тихий океан в напрямі із сходу на захід (від Америки до Азії), пропускає в календарній лічбі один день і бере, наприклад, після понеділка 31 грудня одразу середу 2 січня. Корабель, який проходить Тихий океан у протилежному напрямі, навпаки, двічі бере один і той самий день.

Ця міжнародна границя зміни дат проходить по 180-му меридіану, відхиляючись від нього на півночі вздовж державного кордону СРСР.

Як бачите, поясний час дуже зручний. Проте в СРСР ми живемо за часом не свого поясу, а сусіднього на схід, тобто годинна стрілка у нас скрізь переведена на 1 годину вперед. Навіщо це зроблено?

Радянський народ веде своє господарство за єдиним державним планом, дуже обачливо і економно, не припускаючи зайвих витрат. Якщо на годину раніше починати роботу, то навесні і влітку можна закінчити її завидна, не користуючись штучним освітленням. Розрахунки показали, що при цьому держава збереже дуже багато електроенергії.

Ось чому за декретом (постановою) Радянського уряду у нас з 1930 р. годинні стрілки скрізь переведено на одну годину вперед. Ця лічба часу, на відміну від поясної, називається д е к р е т н о ю. Москва, наприклад, віднесена до 2-го поясу, а живе за часом 3-го поясу. Рух поїздів, а також відмітки години і хвилин відправлення телеграм на всій території СРСР провадяться за московським декретним часом.

АСТРОНОМІЯ В НАРОДНОМУ ГОСПОДАРСТВІ СРСР

Астрономія, як і інші науки, виникла для задоволення практичних потреб людей, в інтересах їх праці та виробництва.

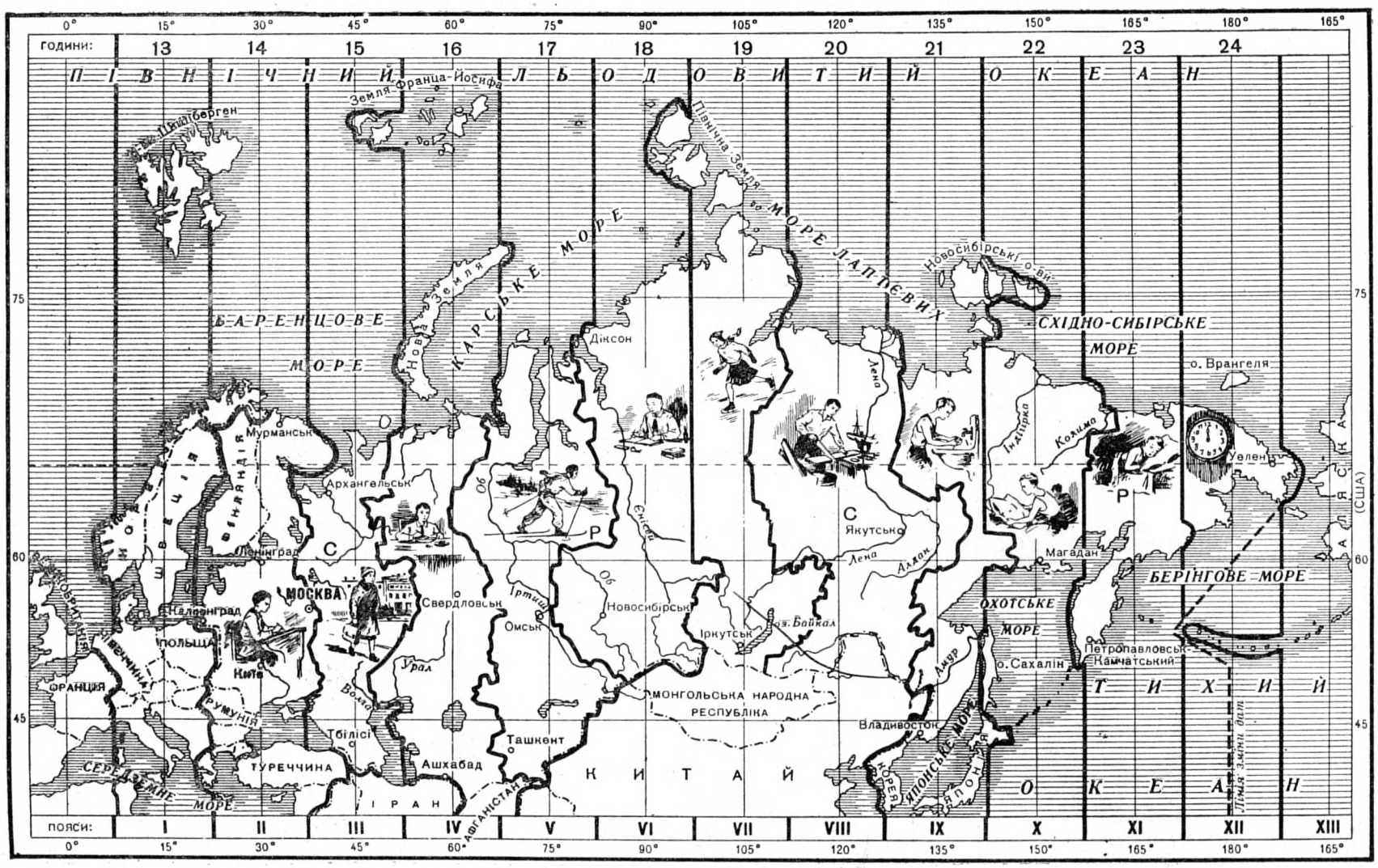
Тепер нам не треба спостерігати за небом для визначення пори року: для цього є календар. Але перш ніж його скласти, людям довелося довго вивчати сезонні зміни неба і робити висновки з цих спостережень. Мало знати тільки день року, в який сталась чи станеться будь-яка подія. Звичайно потрібна велика точність: до години чи хвилини, а іноді й до секунди чи навіть до її часток. Таку точність у визначенні моментів часу можуть дати тільки астрономічні спостереження, на основі яких перевіряються надзвичайно точні, спеціальної будови астрономічні годинники.

Але навіщо буває треба знати час з точністю до десятих чи сотих часток секунди, коли в повсякденному житті люди звичайно не помічають навіть цілі секунди?

Уявіть собі штурмана корабля глибокої ночі у відкритому морі. Йому необхідно визначити географічну широту та довготу місцеположення корабля. Широту він визначить по зорях, а для обчислення довготи штурман повинен дуже точно знати час. А яка вийде у нього помилка в положенні корабля, якщо він помилиться лише на 10 секунд, визначаючи час? Виявляється, що ця помилка в середніх широтах може досягати 2—3 *км*. Поблизу екватора вона буде ще більша.

Інженер-геодезист для складання географічної карти також провадить спостереження зір, щоб точно визначити на земній поверхні місця опорних точок. Якщо він помилиться в часі на 1 секунду, помилка в положенні точки на земній поверхні може досягти 300—400 *м*, що зовсім неприпустимо для карт великого масштабу. На таких картах місцевість має бути зображена з точністю принаймні до 10 *м*.

Іноді треба враховувати не тільки соті, а й тисячні частки секунди, наприклад, на астрономічних обсерваторіях при спостереженнях положень зір, інакше не можна точно визначити положення місця спостереження на земній поверхні.



Карта поясного часу.

Капітан криголама В. І. Воронін визначає широту місця за допомогою секстанта.

Але хіба не можна перевіряти свій годинник за радіосигналами? Адже їх передають з дуже великою точністю — до десятих часток секунди. Хіба не можуть вони замінити астрономічні спостереження?

Але ж радіосигнали точного часу, як ті, які передаються за московським часом кожну годину, так і значно точніші сигнали — так звані «ритмічні», якраз і передаються астрономічними обсерваторіями на основі астрономічних спостережень. Без цих спостережень, навіть маючи дуже точний годинник, обсерваторії не могли б визначати і передавати по радіо сигнали точного часу.

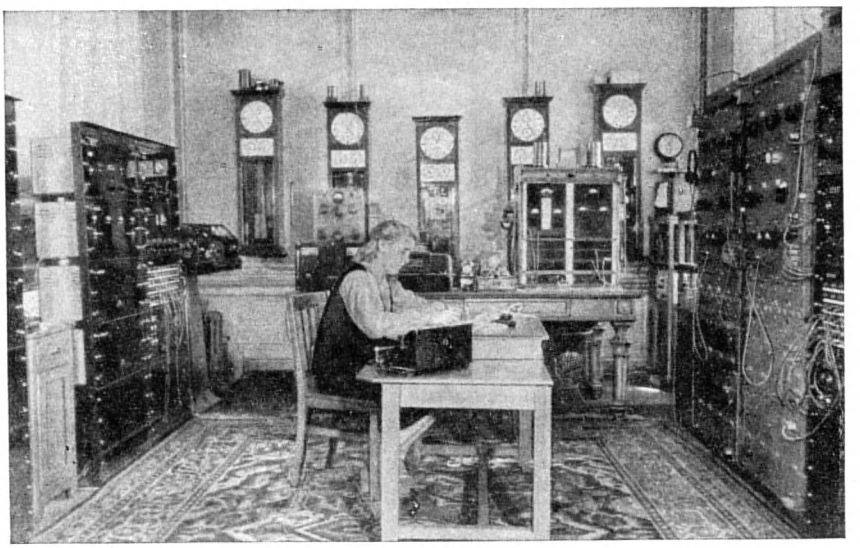
До спостережень небесних світил вдаються і штурмани літаків, на яких здійснюються далекі польоти. По небесних світилах вони визначають положення літака над землею, а це дає їм можливість знаходити правильний напрям для дальшого польоту. Під час перельотів наших прославлених льотчиків Чкалова і Громова через Північний полюс з Москви в Америку[1] штурмани літаків Бєляков і Данилін провадили астрономічні вимірювання, які допомогли їм не збитися з наміченого курсу.

У надрах нашої країни є незліченні багатства корисних копалин — руд різних металів, кам'яного вугілля, нафти і т. д. Такі поклади збільшують або зменшують силу тяжіння на поверхні землі в районі їх залягання. Один з найбільш плодотворних способів розшукувань корисних копалин полягає у визначенні сили тяжіння на земній поверхні. Для цього застосовують різні прилади, щоб знати, де сила тяжіння відхиляється від звичайної. Такі прилади були створені астрономами, і російські астрономи в XIX ст. вперше почали вимірювати силу тяжіння в різних місцях нашої країни. Тепер ці роботи у нас здійснюються в дуже широкому масштабі, їх ведуть учені-геофізики та геологи. Але для користування деякими з цих приладів треба знати час з дуже великою точністю. Отже, і тут знову приходять на допомогу астрономічні обсерваторії.

На астрономічних обсерваторіях, крім Служби точного часу, є й зовсім інша «служба», яка має велике значення для народного господарства нашої країни. Це так звана Служба Сонця.

Ми знаємо, що всі процеси, які відбуваються на Землі (рух повітря, води і т. д.), майже цілком черпають свою енергію з тепла та світла, що їх посилає Сонце. Тому природно припустити, що зміни, які відбуваються на Сонці, в тій чи іншій мірі позначаються на земній атмосфері, а може, і на інших явищах навколишньої природи.

Справді, відкрита понад 100 років тому одинадцятирічна періодичність у виникненні на Сонці плям та ви-



У лабораторії Служби часу Астрономічного інституту ім. Штернберга при Московському державному університеті ім. Ломоносова.

[1] Див. ст. у томі 1 «ДЕ».

верженні газів супроводиться такими ж правильними змінами теплового випромінювання Сонця. Виявлено також зв'язок між числом плям на Сонці і кількістю полярних сяйв та гроз на Землі, а також змінами в магнітному полі Землі і відхиленнями магнітної стрілки. У тих випадках, коли на сонячній поверхні, зверненій до Землі, спостерігається велика група плям, на Землі відбуваються «магнітні бурі»[1] і яскраві полярні сяйва. Одночасно з цим порушується радіозв'язок, а іноді і телеграфний зв'язок.

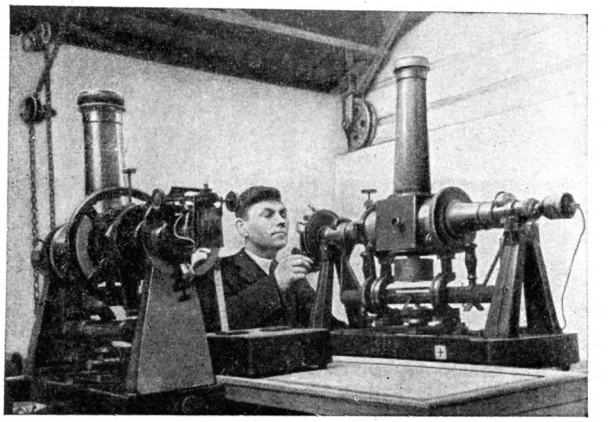
Нашу радянську Службу Сонця веде кілька астрономічних обсерваторій. Її завдання — знайти, спостерігаючи явища, що відбуваються на Сонці, основу для довгострокових прогнозів погоди, радіозавад тощо. Їй вдалося вже досягти багато чого в цьому напрямі.

Внаслідок вивчення природи Сонця та зір учені зробили відкриття, які відіграли дуже важливу роль у розвитку фізики, а потім і техніки.

Так, у 1868 р. на Сонці було відкрито новий, ще не відомий в ті часи на Землі газ — гелій; і тільки після спроб, що провадилися протягом 27 років, вченим удалося добути цей газ на Землі.

Вивчаючи походження Землі, астрономи створюють основу для розуміння різних геологічних процесів — причин горотворення, землетрусів і т. д. Знання цих процесів має практичне значення: воно полегшує розшукування корисних копалин, у майбутньому дасть можливість завбачати землетруси.

[1] Див. ст. у томі 1 «ДЕ».



Пасажний інструмент, за допомогою якого визначають точний час на астрономічних обсерваторіях.

Цим у значній мірі пояснюється будівництво в нашій країні нових обсерваторій і вдосконалювання наявних.

Коли наприкінці 1957 р. і в наступні роки в Радянському Союзі були запущені перші штучні супутники Землі, космічні ракети і кораблі-супутники, орбіти їх обчислювали методами, які розроблено у великому й важливому розділі астрономії, що називається небесною механікою. За допомогою цих методів обчислюють орбіти космічних кораблів, які в недалекому майбутньому будуть запущені до інших планет.

Значення астрономії для нашого народного господарства велике й різноманітне, і можна не сумніватися, що в майбутньому воно зростатиме ще більше.

МІЖПЛАНЕТНІ ПОДОРОЖІ

БОРОТЬБА З ТЯЖІННЯМ

Настає нова епоха в історії людства. Недалеко той день, коли люди зможуть відвідати небесні тіла, які стільки років доводилось спостерігати здалеку. Коли це буде? Безперечно, за вашого життя, а можливо, і з вашою участю, юні читачі.

Але перш ніж заглядати в майбутнє, відступимо в минуле років на 60. Уявімо собі кінець XIX ст. У дерев'яному будиночку на околиці Калуги живе скромний учитель фізики. Він глухуватий, йому важко вести заняття в училищі. Але на уроках у нього цікаво· виблискують електричні блискавки, гуркоче грім, танцюють паперові ляльки, світяться літери, крутяться колеса. Вдома у вчителя ціла майстерня — якісь дивні моделі, електричні машини. У зоряні ночі, любуючись небесними світилами, він міркує над тим, як можна долетіти до планет. Цей учитель — Костянтин Едуардович Ціолковський (1857—1935).

Над Землею в цей час плавають нестійкі, безпорадні повітряні кулі. Зазнають аварій

Костянтин Едуардович Ціолковський.
(Рисунок М. М. Кольчицького, гравірував Л. С. Биков).

перші планеристи, що балансують на своїх повітряних зміях. Літак поки що залишається мрією, людина не утвердилася в повітрі, а калузький учитель фізики вже мріє про післязавтрашні проблеми — про польоти за межі атмосфери.

Тисячі років люди не можуть відірватись від Землі, з заздрістю дивляться на птахів, мріють про крила, складають казки про килими-самольоти. Пута притягання міцно вдержують людину на Землі. Як же порвати їх, як злетіти, полинути в міжпланетні далі?

Чи не допоможе повітряна куля? Ні, вона зринає в повітрі, як корок у воді. Там, де немає води, не попливе корок; де немає повітря — не полетить повітряна куля.

І літак не допоможе. Його повітряний гвинт, його крила пристосовані тільки для руху в повітрі. За межами атмосфери літак літати не може. Здавалося б, безвихідь. Міжпланетні подорожі нездійсненні. Проте вчитель фізики Ціолковський уперто шукає вихід. Аеростат не годиться, літак не годиться також... А коли взяти ракету?..

Ракети були відомі здавна. Їх використовували у військовій справі, а частіше на святах, щоб запалити в небі вогняні дощі, фонтани, колеса. Деякі винахідники пропонували використати ракету і для повітроплавання. Ці пропозиції не були здійснені.

Ціолковський розробив наукову теорію ракети. Проста ракета — це трубка, набита порохом. Коли порох горить, гази, що при цьому утворюються, тиснуть на всі сторони. Бічний тиск зрівноважується, але ззаду трубка відкрита, гази вилітають назовні, і тому тиск на передню стінку не зрівноважений. В результаті гази, вилітаючи назад, штовхають ракету вперед.

Отже, причина руху ракети закладена в ній самій. Руху надають їй гази, які з неї витікають. Повітря тут ні до чого. Значить, ракета здатна рухатися в міжпланетному просторі.

Але яку ж швидкість повинна вона розвинути, щоб перемогти земне тяжіння? Це питання було розв'язане задовго до Ціолковського.

Кулям і снарядам надається при вильоті з дула швидкість близько 1 *км/сек*. Вони летять на кілька кілометрів, а снаряди далекобійних гармат — на десятки кілометрів. Якщо ми надамо каменю, кулі, снаряду чи ракеті з людьми швидкості 7,9 *км/сек*, то таке тіло, коли не враховувати при цьому опору повітря, ніколи не впаде на Землю. Воно падатиме вічно, не наближаючись до поверхні Землі, інакше кажучи, полетить по колу, перетвориться в штучний супутник Землі, стане немовби маленьким місяцем. При швидкості 11,2 *км/сек* тіло покине Землю назавжди. Ця швидкість називається **швидкістю відриву**. Вона необхідна, щоб почати міжпланетну подорож. Отже, силу ваги можна перемогти швидкістю.

Чи можуть люди витримати таку величезну швидкість? Так, безумовно, можуть. Земля рухається навколо Сонця із швидкістю 30 *км/сек*, уся сонячна система разом з Землею мчить із швидкістю близько 250 *км/сек* навколо центра

Галактики. Ми не помічаємо цієї швидкості, ми взагалі не помічаємо рівномірного руху. Але зате наше тіло відчуває зміну швидкості — прискорення.

Письменник Жюль Верн у фантастичному романі відправив своїх героїв на Місяць у гарматному ядрі. Для гарматного ядра повітря не потрібне, навіть шкідливе: воно сповільнює рух. Правда, у гармати є межа: ядро не може летіти швидше, ніж молекули газів, що утворюються під час вибуху. Ця швидкість у сучасних сумішей (4—5 *км/сек*) для міжпланетної подорожі малувата. Але уявімо собі яку-небудь ще не знайдену небувало сильну вибухову речовину або атомну гармату. Вона вистрелить, і снаряд долетить до Місяця. Проте живих людей він туди не доставить. Люди будуть роздушені в першу ж мить. Для них так само небезпечно бути в ядрі, як і перед ним.

Чому? Та тому, що наш організм звик до земного притягання, що створює прискорення 9,8 *м/сек²*. При цьому у людини нормальна вага. У жюль-вернівській гарматі прискорення було 300 000 *м/сек²*. Значить, вага пасажирів збільшувалася приблизно в 30 000 раз. Тіло Барбікена, героя роману Жюля Верна, важило в перший момент після пострілу близько 2000 *Т* і навіть його капелюх 6 *Т*. Мандрівники були б роздушені, розплющені своєю власною вагою.

Отже, ще одна трудність. Мало забезпечити просто швидкість відриву, треба ще набирати її поступово. Тут може допомогти ракета. На відміну від гарматного ядра, вона набирає розгону не одразу. Кожна порція витікаючих газів додає їй швидкості.

Виникає практичне запитання: а скільки треба взяти палива в ракету, щоб дістати швидкість відриву і покинути Землю? Це завдання не було розв'язане до Ціолковського. Костянтину Едуардовичу довелося самостійно вивести формулу, яка називається формулою Ціолковського.

З'ясувалось, що кінцева швидкість ракети залежить від швидкості газів, що з неї витікають, і від того, у скільки разів вага палива перевищує вагу порожньої ракети. На практиці треба ще враховувати притягання небесних тіл і опір повітря там, де воно є.

Порох, який давно вже застосовувався в ракетах, для цієї справи не такий вже й вигідний. Швидкість витікання порохових газів не дуже велика; у запаленої пари спирту, гасу, бензину вона далеко вища. А ще вигідніше було б взяти рідкий водень, який при окислюванні дає швидкість витікання близько 4 *км/сек*. Але у водню свої недоліки: він надто легкий, потребує дуже об'ємистих баків і низької температури. Адже баки і холодильники багато важать.

Скільки ж треба запасти в ракеті палива? Розрахунок показує: для того щоб рідинна ракета з людьми розвинула швидкість відриву і пішла в міжпланетний політ, треба взяти палива в сто раз більше, ніж важить корпус ракети, двигун, механізми, прилади і пасажири, разом узяті. Звичайне відро, наприклад, важить лише в 7 раз менше, ніж налита в нього вода, яєчна шкаралупа —в 11 раз менше, ніж її вміст. Таке співвідношення для сучасної техніки — ідеал. А нам потрібно ще менше—1 : 100.

Знову дуже серйозна перешкода. Ціолковський знав про неї і все життя міркував, якими способами подолати її.

Спосіб перший: збільшити швидкість витікання газів понад 4—5 *км/сек*, знайти нове, досконаліше паливо. Якщо взяти, наприклад, водень, але тільки не молекули газу, а окремі атоми, то, сполучаючись, вони можуть дати величезну кількість енергії, і швидкість витікання перевищить 20 *км/сек*. Але добувати атомний водень важко, зберігати його і керувати реакцією сполучення ми поки що не вміємо.

Велику швидкість витікання можна дістати при високій температурі. Її джерелом могла б бути атомна енергія. Але атомних двигунів, які можна було б установити на ракеті, поки що немає. Це справа майбутнього.

Другий спосіб, над яким дуже багато працюють учені,— заправляння паливом у дорозі. Уявімо собі, що ми збудували ракету, яка здатна стати штучним супутником. Вона піднялася з Землі, вийшла на колову орбіту і витратила все паливо. Тепер вона обертається навколо нашої планети. Ракета нікуди не залетить; для цього треба збільшити швидкість. Ми посилаємо на допомогу їй інші ракети-цистерни з паливом. З них наповнюються спорожнені баки основної ракети, її двигун знову включається, і, розвинувши швидкість відриву, вона летить на Місяць або до далеких планет. Звичайно, зробити це не так просто. Адже ракета-супутник летить разів у 10 швидше від кулі. Нелегко знайти її в міжпланетному просторі, нелегко до неї причалити. Цистерн треба буде багато. Загалом, труднощі тут дуже великі.

З міжпланетними польотами справа стояла б простіше, якби у Землі на невеликій висоті був другий Місяць. Але, на жаль, другого Місяця в природі немає. Можливо, можна ство-

рити другий Місяць штучно? Про це мріяв Ціолковський. У наш час запуск перших штучних супутників є переддвер'ям для створення великих штучних супутників. Такий супутник міг би бути паливозаправною станцією, зручним пересадочним пунктом на шляху до планет і одночасно чудовою лабораторією в безповітряному просторі. Звичайно, побудувати цей міжпланетний острівець нелегко, але переваги його незаперечні. Адже сам він летить із швидкістю кілька кілометрів за секунду. Цю швидкість треба перевищити на 41%, щоб ракета покинула Землю назавжди.

Є й третій спосіб, який Ціолковський обдумував і вдосконалював в останні роки свого життя. Це — ракетний поїзд, багатоступінчастий міжпланетний корабель. Він складається з багатьох ракет, сполучених між собою. У передній ракеті, крім палива, знаходяться пасажири і спорядження. Ракети працюють по черзі, даючи розгін усьому поїзду. Коли паливо в одній ракеті вигорить, вона скидається, при цьому видаляються спорожнені баки і весь поїзд стає легший. Потім починає працювати друга ракета і т. д. Передня ракета, як по естафеті, набуває швидкості, якої набрали всі попередні ракети.

Сам Ціолковський надавав величезного значення складеним ракетам і невтомно працював над їх вдосконалюванням. За кілька місяців до смерті він писав:

«Сорок років я працював над реактивним польотом... Через кілька сотень років, думав я, такі прилади залетять за атмосферу і будуть вже космічними кораблями... Безперервно обчислюючи і віддаючись думкам, як можна було б якнайшвидше здійснити цю справу, учора, 15 грудня 1934 року, після шостої години вечора, я натрапив на нову думку, як досягти космічних швидкостей... Наслідком цього відкриття стала упевненість, що таких швидкостей далеко легше дійти, ніж я гадав. Можливо, що їх досягнуть через кілька десятків років, і, може, сучасне покоління буде свідком міжпланетних подорожей».

Ці слова виявились пророчими. Після смерті Ціолковського минуло менше 25 років, і міжпланетних швидкостей було досягнуто.

ШТУЧНІ СУПУТНИКИ ЗЕМЛІ І СОНЦЯ

1957 рік був переломним для астронавтики — науки космічних польотів. До цього вона працювала тільки над планами, проектами, прогнозами.

У старих романах ми частенько читали про якого-небудь дивака-вченого, який нишком винайшов міжпланетний корабель, збудував його потай і одного прекрасного дня полетів на Місяць або на Марс.

Нічого подібного бути не може. Завоювати небесні простори можна тільки спільними зусиллями вчених різних спеціальностей. Тут потрібні астрономи, астрофізики, математики, механіки, фізики, хіміки, теплотехніки, металурги, машинобудівники, конструктори, лікарі, біологи, електротехніки, радіотехніки і багато інших.

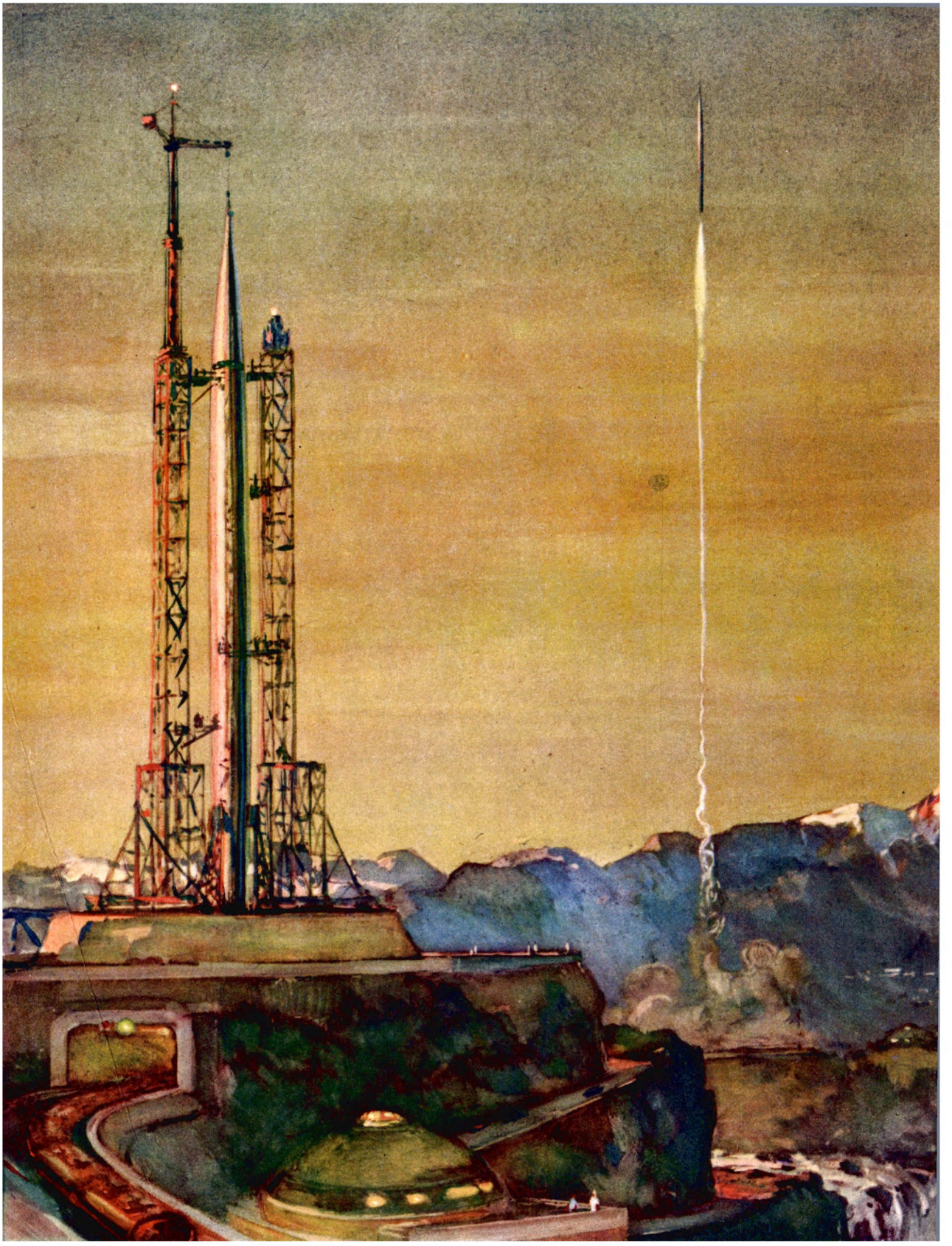
Міжпланетна подорож буде спільним досягненням багатьох наук і десятків тисяч людей — учених, інженерів і робітників.

У науці все йде послідовно. Винаходи не падають з неба, вони появляються, спираючись на попередні відкриття. Спочатку здійснюються легкі завдання, потім важчі. Кинути камінь легше, ніж зрушити паровоз. Кулі і снаряди давним-давно випередили звук, літаки зробили це кілька років тому. Так вийшло і з міжпланетними швидкостями. Снаряди без людей — невеликі кабіни з приладами — розвинули ці швидкості раніше, ніж пасажирські ракети.

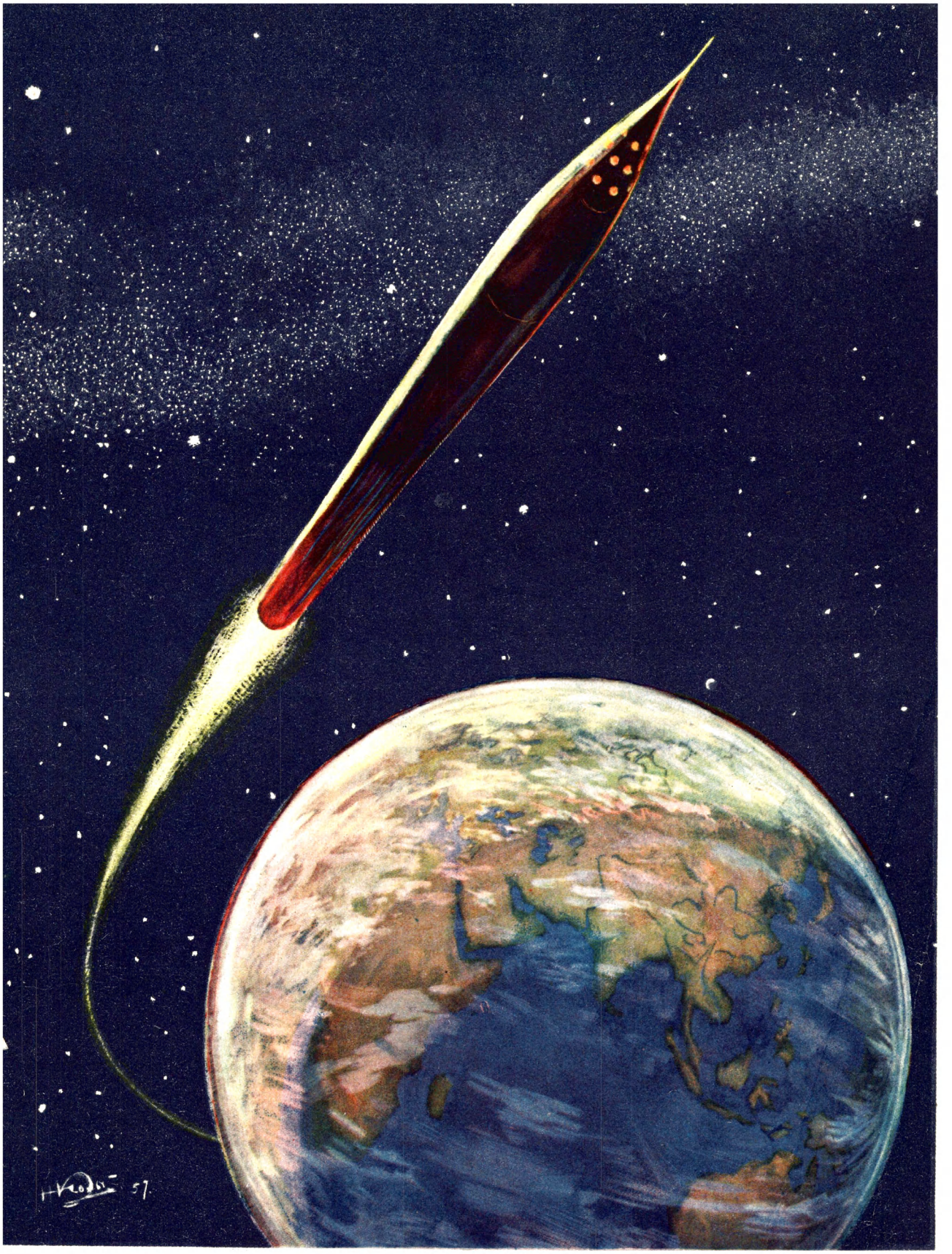
Протягом останнього десятиріччя літаючі прилади штурмували висоту. Ракети без людей піднялись на 100, 180, 470 *км*. На ракетах були прилади. Вони вимірювали температуру на різних висотах, фотографували ті сонячні промені, які не потрапляють у нижні шари земної атмосфери. З висоти 200 *км* було сфотографовано і частину земної поверхні.

Услід за приладами вгору відправили тварин: мишей, мавп, собак. Треба було перевірити, чи не шкідливий для живої істоти стрибок за межі Землі. Собаки, які побували на висотах в сотні кілометрів, благополучно приземлялись.

Ракети вдосконалювались. Зростала висота, зростала і швидкість: 2—3 *км/сек*, потім 5—6 *км/сек*. І от у Радянському Союзі створено ракету, яка здатна розвинути швидкість 8 *км/сек*. Вона стартувала 4 жовтня 1957 р. Злетівши вгору вертикально, свічкою, ракета пронизала стратосферу. Її вели автоматичні прилади, що діють за заданою програмою. Ракета піднялась на двісті з чимось кілометрів, поступово набрала горизонтального напряму і лягла на курс. Треба було це зробити дуже точно: помилка на один градус зіпсувала б усе. Але автомати діяли бездоганно. Ракета набрала потрібну швидкість і відправила в дорогу блискучу кулю з алюмінієвих сплавів — перший у світі штучний супутник, зроблений в нашій країні.



Старт космічних ракет.



Атомна космічна ракета в польоті.

8 *км* за секунду, 28 800 *км* за годину!

Якщо в будь-яку хвилину супутник був над Австралією, то через 20 хвилин—над Аляскою, ще через 12 хвилин — над Нью-Йорком, ще через 10 — над Бразилією. За півтори години — кругосвітня подорож, 15 оборотів за добу, і щоразу по новій трасі, бо площина орбіти супутника в просторі нерухома, а Земля обертається навколо своєї осі всередині цієї орбіти.

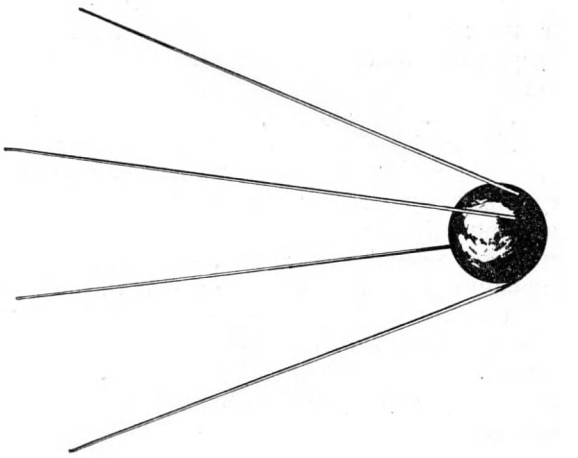
Перший супутник був невеликий: його діаметр — 58 *см*, вага — 83,6 *кГ*. У нього були двометрові вуса — антени. Усередині — два радіопередавачі. Проносячись над усіма країнами світу, супутник оповіщав, що ера космічних мандрівок вже настала, і цю еру відкрила країна соціалізму. За ним пішли в мандри навколо Землі нові штучні супутники, космічні ракети і кораблі, а 12 квітня 1961 р. у простори Всесвіту на кораблі-супутнику «Восток» сміливо ступила людина.

«Бебі-мун»—«Місяцем-малятком»— прозвали американці нашого міжпланетного первістка. Тисячі очей і радіоприймачів стежили за його польотом. І кожна година його життя цікавила вчених. Уперше земне тіло піднімалось на висоту 947 *км*. Уперше на таких висотах працював радіопередавач. Його сигнали показували, як проходять радіохвилі крізь верхні наелектризовані шари атмосфери, давали змогу глибше зрозуміти їх будову.

Для радіопередавання потрібна енергія. Енергія в космосі є. Її можна брати від Сонця. Нехай воно своїм промінням заряджає акумулятори. Але на першому супутнику стояли батареї, заряджені на Землі. Вони використали свою енергію через деякий час, проте й замовклий супутник продовжував служити науці. На великих висотах, де пролягав його шлях, повітря майже немає... але все ж «майже немає», а не «зовсім немає». Навіть при невеликій густині повітря чинить опір, і швидкість супутника поступово знижується. Завдяки цьому можна встановити, яка густина атмосфери на різних висотах.

Деякі особливості в русі супутника вказують на нерівномірне притягання Землі. Це дає змогу уточнити форму та будову нашої планети, знайти заховані під Землею важкі або легкі маси.

Теоретично тіло, яке летить над Землею із швидкістю 8 *км/сек*, не впаде ніколи. Але перші супутники не могли літати вічно. Зовсім незначний опір повітря з часом загальмував їх політ. Вони знижувались і, влетівши в густі шари повітря, згоряли і розсипались.



Перший штучний супутник Землі з антенами для посилання радіосигналів.

Схема руху першого штучного супутника Землі.

Тепер треба було розв'язати найважливіше питання: чи може жива істота витримати космічний політ, чи вона неминуче загине за межами атмосфери? Другий радянський штучний супутник, що стартував 3 листопада 1957 р., мав відповісти на це запитання. На ньому в кос-

мос на висоту до 1670 *км* вирушила перша мандрівниця — собака Лайка. Спеціальні прилади стежили за її диханням, пульсом, кров'яним тиском. Ми знаємо, що Лайка добре витримала стрімкий старт і багатодобову подорож навколо Землі. На третьому радянському штучному супутнику Землі встановили ще різноманітнішу апаратуру для вивчення властивостей земної атмосфери, сонячного випромінювання тощо. Він важив 1,3 *Т*, і запаси його електричної енергії для живлення приладів поповнювались за рахунок дії сонячних променів на встановлені прилади. Пізніше кілька штучних супутників вдалося запустити і США.

Третій радянський супутник найдовговічніший і найважчий. Радянські люди зуміли закинути в простір солідну споруду, завбільшки з легкову машину. І тоді на чергу стало наступне завдання — польоти до Місяця.

Сподіваючись випередити радянську науку, американці протягом 1958 р. кілька разів намагались послати до Місяця невеликі снаряди, але марно.

Та от увечері 2 січня 1959 р. Землю покинула радянська космічна ракета. Знову солідна вага —1472 *кГ*. Вага контейнера з приладами —363,3 *кГ*.

Ракета промчала над нашою країною, пересікла східні кордони, пройшла над Тихим океаном і Гавайськими островами, поступово віддаляючись від Землі. Весь світ з хвилюванням і захопленням слухав повідомлення: «Другої космічної швидкості набрано!», «3 січня до 3 години ранку пройдено понад 100 тисяч кілометрів!», «До 1 години дня — понад 200 тисяч!», «До півночі —300 тисяч!»

4 січня о 5 год. 59 хв. ракета промчала повз Місяць. Запас швидкості був такий великий, що Місяць не зміг притягти новонароджене космічне тіло. Ракета навіки пішла в космос. Вона стала супутником Сонця, першою штучною планетою, яку створили людські руки. Відтепер мільйони років вона борознитиме простір між Землею і Марсом, несучи на собі гордий вимпел Країни Рад. Мільйони років! Ніколи ще люди не створювали такого довговічного собі пам'ятника.

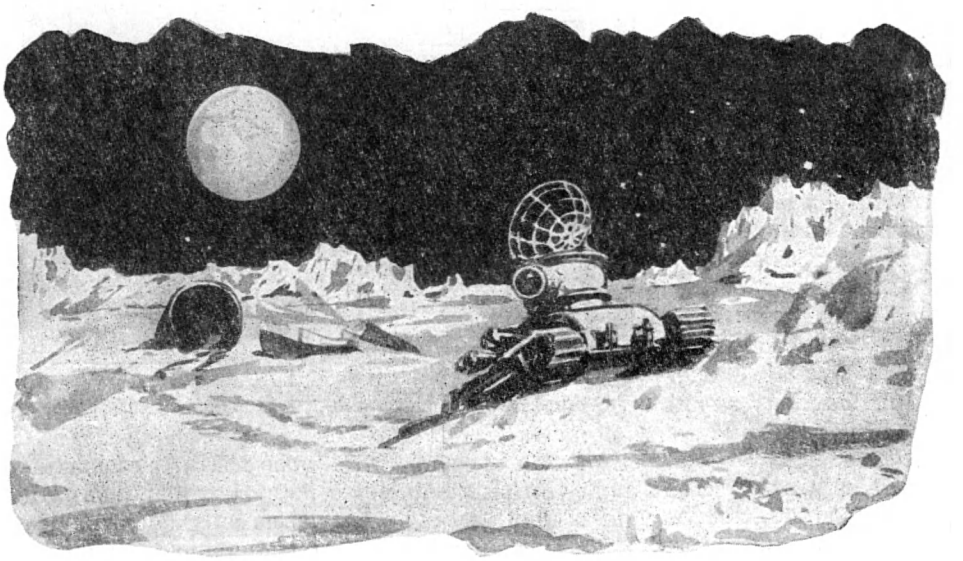
Так радянські люди почали освоєння сонячної системи.

ЗЕМЛЯ — МІСЯЦЬ

Проносячись повз Місяць, перша місяцева ракета повинна була виміряти магнітне поле Місяця та його радіоактивність.

Слідом за першою в СРСР було запущено другу космічну ракету, яка досягла поверхні Місяця. Ця визначна подія відбулася 14 вересня 1959 р. Вперше в історії було здійснено космічний переліт з Землі на інше небесне тіло. На ознаменування цього всесвітньо-історичного досягнення нашої науки на поверхню Місяця доставлено вимпели з зображенням Герба Радянського Союзу і написом «СССР. Сентябрь 1959».

Минуло лише дві декади з дня досягнення другою космічною ракетою поверхні Місяця, як 4 жовтня в нашій країні здійснено успішний запуск третьої космічної ракети, метою якого було розв'язання ряду проблем по вивченню космічного простору і одержання фотографій зворотної сторони Місяця та його крайових зон. Автоматична міжпланетна станція, спеціально створена для фотографування зворотної сторони Місяця, пройшла на близькій віддалі від Місяця, обіг-



Автоматична танкетка з телевізійним передавачем на Місяці.
(Рисунок М. М. Кольчицького).

нула його і за заданою програмою сфотографувала диск Місяця, невидимий з Землі, і передала зображення на Землю.

Потрібно буде ще немало автоматичних ракет, щоб досконало вивчити Місяць. Але ми випускаємо історію всіх майбутніх ракет-автоматів.

Припустимо, що створено вже міжпланетний корабель, який був би здатний доставити нас на Місяць. У кабіні багато приладів, зручні крісла, ми пристібаємося до крісел ременями.

Секундні стрілки рухаються по циферблату. Настає завітний, заздалегідь обчислений момент старту. Залишилося 5, 4, 3, 2 секунди... Спалах! Ривок! Гуркітливий удар! Нас притискує до крісла, вдавлює в нього. Страшенна вага стискає груди, заважає дихати. Усе це — результат непомірного прискорення.

Ми стартували з вершини гори. Це було зроблено для того, щоб не витрачати палива на боротьбу з опором повітря в нижніх, густих шарах атмосфери.

Гори провалюються вниз, голубуватий серпанок приховує обриси. Блискучі снігові вершини губляться серед сніжно-білих хмар. Яскраво-синє небо над хмарами з кожною секундою темніє і поступово стає майже ліловим. Ми в стратосфері. Вже перекрито рекорди стратостатів та літаків, хоч після старту минуло не більш як 30 секунд.

Усе вище й вище. На чорнильно-ліловому небі проступають зорі. Блиснула вогняна нитка, ніби хтось невидимою гострою бритвою розітнув небосхил. Це метеорна частинка, влетівши в стратосферу, розжарилась і випарувалась. Здається, що ракета рухається дедалі повільніше, бо Земля пішла далеко вниз. Видима її поверхня, окутана голубим туманом з темно-голубими зморшками хребтів, не схожа на рідну планету, яку ми покинули.

Через дві хвилини після старту ми над стратосферою — в іоносфері. Густина повітря тут в багато разів менша, ніж на поверхні Землі. Практично це безповітряний простір.

Ракета плавно повертає. Ми відчуваємо цей поворот своєрідно. Двигун все ще працює. Сили інерції притискують нас до крісел, і нам здається, що ракета летить, як і раніше, вгору, навіть відкидається назад. Зате Земля, яка була знизу, враз розгортається і перетворюється в круту, майже прямовисну стіну.

Наш міжпланетний корабель повернув на схід. На це є причина.

Усякий предмет, у тому числі й ракета, що знаходиться на поверхні Землі, ще до відльоту має початкову швидкість — швидкість обертання Землі навколо осі. На полюсах вона дорівнює нулеві, на екваторі —465 *м/сек.*

Човен, пливучи за течією, рухається швидше, ніж проти течії. Ракета, повернувши на схід, полетить швидше, ніж на захід: адже Земля обертається в напрямі з заходу на схід. Значить, це обертання виконає за ракету частину роботи, зекономить помітну частину палива. Ось чому вигідніше летіти на схід, ось чому вигідніше стартувати на екваторі або, принаймні, у південних районах нашої країни.

Припустимо, наш ракетодром на Кавказі. Крізь яскраві смуги хмар можна буде розрізнити обриси заток Каспію. Жива карта, затуманена серпанком атмосфери, пропливе перед нашими очима. За темним Каспієм показуються червонуваті пустині Середньої Азії, сіро-зелені плями її оазисів, потім знову блискотливо-білі снігові хребти. Хвилин через сім після старту, набравши потрібну швид-

Перші люди на Місяці.
(Рисунок М. М Кольчицького).

кість відриву, ми виключаємо двигун. Ви вже знаєте, яка ця необхідна швидкість. Біля самої поверхні Землі вона дорівнює 11,2 *км/сек*, а з висотою поступово зменшується. Отже, ми помчимо із швидкістю близько 40 тис. *км/год*. За годину ми можемо зробити кругосвітню подорож уздовж екватора. На нашій широті на це піде менше часу.

Чверть години пішло в нас на всю дорогу від Кавказу до Тихого океану. Обходячи Землю, ми поступово піднімаємось. Ще через кілька хвилин з висоти 2—3 тис. *км* ми побачимо приблизно чверть земної кулі. Цей велетенський глобус займає півнеба. На освітленій Сонцем стороні Землі з деякими труднощами можна буде розрізнити обриси материків і морів. Хмари частково закривають їх. Зірок стане видно далеко більше, ніж на Землі. Попереду по курсу — Місяць, ззаду, на фоні зоряного неба,— Сонце.

МІЖПЛАНЕТНИЙ ОКЕАН

Перш ніж дістатись до мети, нам доведеться дуже довго плисти, плисти і плисти по безмежних безповітряних просторах.

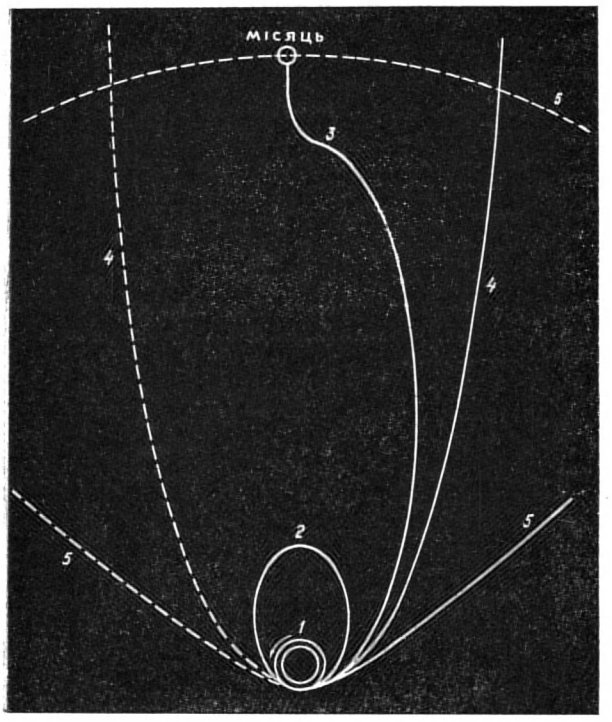


Схема космічних трас:
1 — коло; *2* — еліпс; *3* — найекономніша орбіта польоту на Місяць; *4* — парабола; *5* — гіпербола; *6* — орбіта Місяця.

Капітан морського корабля повинен зважати на морські течії. Міжпланетний корабель перебуває під владою сил тяжіння. Закон тяжіння (див. стор. 349) керує рухами всіх небесних тіл: і зір, і Сонця, і планет, і мікроскопічних пилинок, і нового, створеного людьми небесного тіла — міжпланетної ракети. Ми щойно виключили двигун, а шлях наш вже накреслений, проведений невидимим пунктиром у безкраїй пустоті.

У просторі, де діють сили тяжіння одного великого тіла, інші небесні тіла рухаються по колу, еліпсу, параболі або гіперболі. І наша ракета, покинувши Землю, полетить по одній з цих ліній. Але по якій саме — це залежить від набраної швидкості.

Якщо ця швидкість достатньо велика, ракета обертатиметься навколо Землі по колу. Якщо швидкість ще збільшиться — по еліпсу. При дальшому збільшенні — по параболі. Якщо швидкість ракети зростатиме, то ракета полетить по гіперболі.

Звичайно, ми взяли тільки найпростіший випадок — два тіла: Землю і ракету. Треба враховувати ще вплив Сонця, Місяця і великих планет. Усі ці небесні тіла спотворюватимуть наші плавні криві, вноситимуть в них «збурення».

Включивши двигун, ми можемо змінити нашу трасу. Але ми бережемо паливо і зацікавлені в тому, щоб включати двигун по змозі рідше. Ми вважаємо, що краще плисти з інерції, і нам доводиться рахуватися з «течіями» міжпланетного океану, у зв'язку з якими шлях наш вийде досить складним.

Розглянемо докладніше умови польоту на Місяць. З численних можливих шляхів виберемо найекономніший з погляду затрати пального. Покинувши Землю, ми розвиваємо початкову швидкість — близько 11 *км/сек*. Вона трохи менша проти швидкості відриву. Але ж нам потрібний політ не в безконечність, а тільки на Місяць.

Розвинувши швидкість 11 *км/сек*, ракета полетить по дуже витягнутому еліпсу, велика вісь якого буде дещо менша, ніж віддаль від Землі до Місяця. Чим далі від Землі, тим повільніше рухатиметься ракета. Величезна її швидкість буде «з'їдена» в найближчих околицях Землі, там, де велика гальмівна сила притягання. З часом ракета летітиме повільніше від кулі, потім повільніше від літака. На четверту добу ракета опиниться в зоні, де місяцеве притягання більше, ніж земне. Звідси, з висоти близько 40 000 *км*, ракета почне

падати на Місяць. Падаючи, вона теж рухатиметься по еліпсу, тільки по іншому. В результаті ми опишемо в просторі криву, яка буде схожа на витягнутий знак питання.

А насправді траса буде ще складнішою, бо вплив Місяця почне позначатися з моменту старту, а притягання Землі гальмуватиме ракету аж до самої посадки на Місяць. Крім того, втрутиться ще Сонце, та й самі ми внесемо спотворення, включаючи двигун. Тому, перш ніж вирушити в дорогу, треба буде розрахувати її за допомогою електронних машин, що вміють робити обчислення в багато разів швидше, ніж люди.

БУДНІ РАКЕТИ

Ми в дорозі. Двигун давно виключено. Незримі сили притягання ведуть нас по міжпланетній трасі. Минуло кілька годин після вильоту. Земна куля лишилася десь далеко. Тепер вона скидається на великий Місяць. Справжній Місяць ми теж бачимо. Видно й Сонце. На небі три світила. З них Сонце найяскравіше, а Земля здається найбільшою. Небо — оксамитно-чорне, і на ньому безліч зір. Адже блакитний колір земного неба залежить від розсіювання сонячних променів в атмосфері. У безповітряному просторі немає повітря і немає розсіювання. Небо тут завжди чорне, і зорі не мерехтять і сонячне світло не затьмарює їх.

Наша герметична кабіна — малюсінький острівець, придатний для життя. Нам треба пильно оберігати її стінки: найменша тріщинка загрожує смерті. Усе потрібне для життя треба брати з собою з Землі, навіть повітря для дихання, адже в безповітряному просторі добути його не можна. Ми веземо рідкий кисень у балонах, з розрахунку літр щодоби на людину. Проте людина не тільки вдихує повітря, а й видихує, довелось подбати про очищення повітря. Ми очищаємо його, пропускаючи через холодильник. При температурі мінус 78° вуглекислий газ перетворюється в рідину, яку вже неважко видалити.

За стінами ракети, зокола, можна і обпектися і обморозитись. Обшивка її на освітленій Сонцем стороні нажарена дужче, ніж пісок у найжаркішій пустині, а на другій стороні — глибока, чорна тінь, температура нижча за 100°. А втім, надаючи ракеті обертання, можна зробити температуру рівномірною. Нехай кожна сторона позмінно нагрівається і остигає.

Земна атмосфера прозора не для всіх сонячних променів, вона фільтрує їх: одні пропускає, другі затримує — у тому числі шкідливі для живих істот. Але в міжпланетному просторі такі промені не ослаблені; щоб не пропускати їх, треба вставити у вікна кабіни спеціальні стекла.

У кабіні ми почуваємо себе затишно і зручно. Проте є грізна небезпека, яка може щосекундно порушити наш спокій,— зіткнення з метеорами.

Крім планет та їх супутників, у сонячній системі є безліч дрібних небесних тіл. Серед них астероїди — малі планети (див. стор. 392). Їх можна назвати літаючими островами або літаючими горами. Є метеори — літаючі брили, літаючі камені. Є й малюсінькі метеорні частинки — літаючі піщинки і пилинки. І от мчить така міжпланетна дробинка по своїй орбіті, мчить у десятки разів швидше, ніж куля, і враз на шляху її перешкода — ракета. Що станеться при зіткненні? Може, стінка ракети буде прошита наскрізь, як голкою, а може, маленький метеор миттю перетвориться в пару, станеться невеликий вибух і буде пробито корпус, паливний бак або — ще гірше — зіпсовано двигун.

Звичайно, чималі щодо розміру, небезпечні для ракети метеорні тіла — велика рідкість. Певно, ми долетимо до Місяця, не зустрінувши жодного з них. Але не хочеться покладатися тільки на щастя. І ми зробили для нашого міжпланетного корабля другу оболонку. Ми сподіваємося, що, ударившися в неї, метеорні частинки вибухнуть.

У крайньому разі вони частково пошкодять зовнішню оболонку, але розтратять на це свою енергію. А основний корпус все ж не буде пошкоджений; так що можна не побоюватись космічних куль і спокійно ходити по кабіні.

Ми сказали «ходити». Це неправильно. Ходити нам не доведеться: адже в міжпланетній ракеті немає ваги. Вона зникне з тієї секунди, як буде виключено двигун. Як же так: притягання є — адже Земля притягує нас, Місяць притягує, Сонце притягує,— а ваги немає? Давайте розберемося в цьому.

Що таке вага? Коли ми були дома, на своїй планеті, на нас діяла сила, яка притягувала нас до центра Землі. Але до нього ми не наближались, адже під ногами у нас твердий грунт. Нас тільки притискувало до земної поверхні. Оця притискна сила і є вага. На Землі вона майже однакова скрізь (на

полюсі трохи більша, ніж на екваторі). Але за межами Землі вага нестійка і нестала.

Коли ми стартували, вона у нас збільшилась. Це через те, що до притискної сили земного тяжіння приєдналась притискна сила інерції. Двигун давав розгін, наше тіло чинило опір розгонові, ми відчували подвійну і навіть потрійну вагу.

Та от двигун виключено. Що сталось?

Притягання Землі на нас все ще діє, правда слабше, бо ми далі від її центра. Під впливом притягання ракета повертає — замість прямої лінії рухається по еліпсу. Під впливом того самого притягання і ми з вами рухаємось по еліпсу. Притягання є, але немає сили, яка притискувала б нас до стінок ракети. Це й означає, що немає ваги. Ходити стало неможливо, зникли верх, низ. Усі незакріплені предмети вільно пливуть по кабіні, як тільки їх зачепиш. Ми випустили з рук книжку — вона не падає, а висить у повітрі. Ми теж можемо лягти в повітрі між підлогою і стелею. Можна навіть плавати, але не як у воді.

За межами ракети в міжпланетному просторі людина взагалі не зуміла б пересуватись. Вона тільки безпорадно борсалася б навколо власного центра тяжіння. Рухатися тут можна, лише викидаючи з кишені речі або стріляючи з пістолета. А в кабіні подорожні переміщаються, відштовхуючись від стін або тримаючись за спеціальні скоби. Працювати доведеться, пристібуючись до крісел, інакше випадковий рух повертатиме людину або кидатиме її на стіни.

Втративши вагу, предмети весь час пересуватимуться. Невеликий поштовх — і інструмент чи олівець пливе по повітрю.

Особливо багато труднощів з рідинами. Ми відкриваємо кран, щоб умитись, але вода не тече. Хочемо пити — вода не ллється з чайника в склянку. Вага зникла, і рідина втратила свою основну властивість — текти зверху вниз. Якщо ми сперсердя труснемо чайник, з носика вилетить величезна куляста крапля. Торкнемося до цієї кулі губами, вона лопне і розтечеться по всьому обличчю, бо вага зникла, але молекулярні сили діють: залишились поверхневий натяг і змочування.

Тарілки, склянки, ложки в міжпланетній подорожі ні до чого. Замість всього цього у нас будуть гумові пузирі. Натискуючи на їх стінки, ми видавимо воду прямо в рот.

На Землі людина завжди відчуває свою вагу. Вона зникає іноді на одну-дві секунди в швидкісних літаках або в швидкісних ліфтах під час спуску. Це досить неприємне відчуття. У людей є органи, робота яких зв'язана з вагою,— це органи рівноваги. Учені побоюються, що люди в невагомій ракеті почуватимуть запаморочення й нудоту. Цю «міжпланетну хворобу» доведеться переборювати упертим тренуванням.

Правда, при бажанні вагу можна створити і в ракеті. Про це писав ще К. Е. Ціолковський. Треба тільки примусити ракету обертатися навколо осі. Разом з обертанням виникне відцентрова сила, яка притискуватиме нас до однієї із стін. У нас знову з'являться підлога і стеля, речі перестануть плавати в повітрі, вода поллється з крана. Але як налагодити обертання? Адже, коли ракета обертатиметься навколо поздовжньої осі, біля стінок утвориться нормальне тяжіння, а в центрі кабіни ваги не буде зовсім. Кабіна невелика; і в результаті ноги в людини будуть з нормальною вагою, а голова легша від пушинки.

Краще, якби ракета оберталась навколо якої-небудь противаги, що міститься поза нею. Але ми й так економили кожний кілограм, а тут треба брати противагу, ставити на неї двигун, запасати пальне, з'єднувати з ракетою міцним канатом. Спробуємо обійтися на перший раз без ваги.

Скільки важитиме людина на різних небесних тілах

На Землі — 70 *кГ*
На Меркурії — 19 *кГ*
На Венері — 63 *кГ*
На Марсі — 26,5 *кГ*
На Юпітері (на полюсах) — 202 *кГ*
На Сатурні (на полюсах) — 92 *кГ*
На Урані — 64 *кГ*
На Нептуні — 64 *кГ*
На Місяці — 11,4 *кГ*

На Сонці людина важила б 1950 *кГ*
На зорі Койпера — 100000000 *кГ* (білий карлик)

УСЕ ДАЛІ Й ДАЛІ

Куди ж ми полетимо насамперед? На Місяць чи зразу почнемо з Марса, щоб розв'язати нарешті загадки марсіанських каналів і марсіанських морів? Чи, може, відвідаємо ці пла-

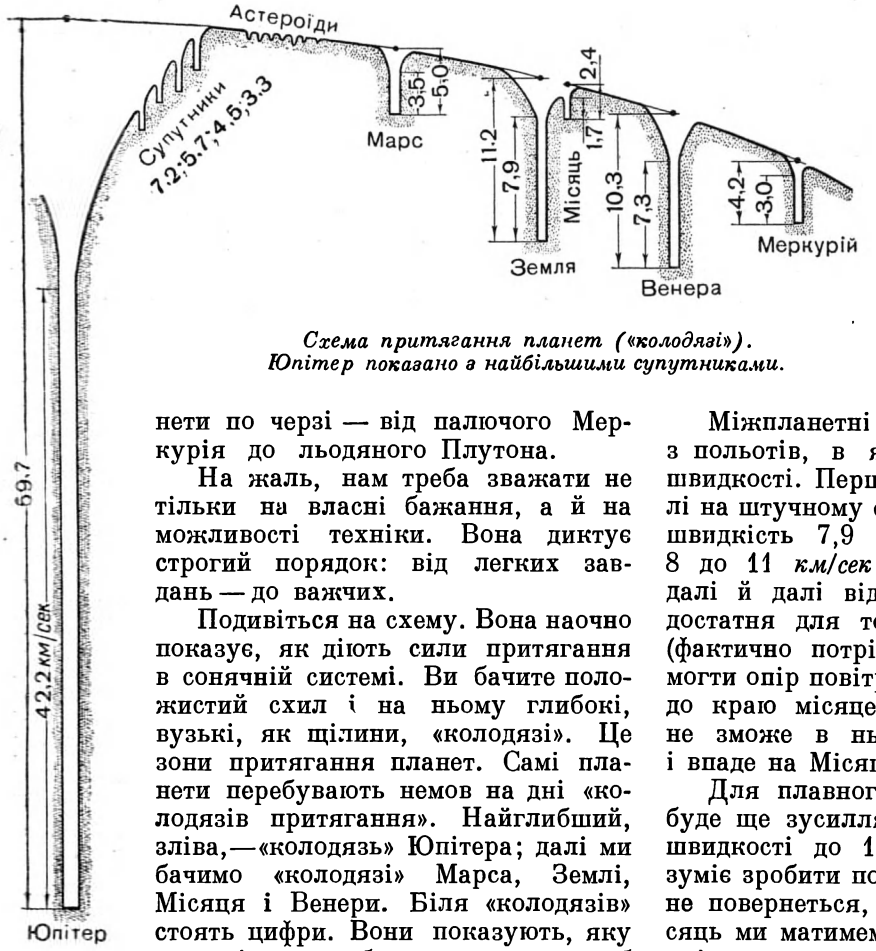


Схема притягання планет («колодязі»). Юпітер показано з найбільшими супутниками.

нети по черзі — від палючого Меркурія до льодяного Плутона.

На жаль, нам треба зважати не тільки на власні бажання, а й на можливості техніки. Вона диктує строгий порядок: від легких завдань — до важчих.

Подивіться на схему. Вона наочно показує, як діють сили притягання в сонячній системі. Ви бачите положистий схил і на ньому глибокі, вузькі, як щілини, «колодязі». Це зони притягання планет. Самі планети перебувають немов на дні «колодязів притягання». Найглибший, зліва,—«колодязь» Юпітера; далі ми бачимо «колодязі» Марса, Землі, Місяця і Венери. Біля «колодязів» стоять цифри. Вони показують, яку швидкість треба розвинути, щоб вирватися з «колодязя», інакше кажучи, яка швидкість відриву для кожної планети і яка швидкість потрібна, щоб стати супутником. Біля Землі відома нам цифра —11,2 *км/сек*. Нижче — друга цифра —7,9 *км/сек*. Це колова швидкість, досягнувши якої, тіло може вискочити з прямовисного «колодязя» і стати супутником.

Усі планетні «колодязі» розташовані на положистому схилі, який заходить за межі схеми. Цей схил — край «сонячного колодязя», найбільшого і найглибшого з усіх. Щоб вибратися з нього, треба розвинути швидкість відриву 618 *км/сек*. Із зрозумілих для вас причин ракеті з людьми летіти на Сонце неможливо.

Із схеми можна скласти уявлення про труднощі міжпланетних подорожей. Наприклад, щоб відвідати Місяць, треба дістатись майже до самого краю земного «колодязя» і спуститися в місяцевий, зменшуючи швидкість падіння. Вертаючись назад, треба розвинути таку швидкість, щоб вибратися з місяцевого «колодязя», а падаючи в земний «колодязь», знову зменшити величезну швидкість падіння. І на зльоти, і на гальмування треба запасти паливо. Природно, що чим глибший «колодязь», тим важче спуститися і вибратися з нього. Тому політ на Марс легший, ніж на Венеру, а облетіти навколо Марса без спуску — справа ще легша.

Міжпланетні подорожі доведеться починати з польотів, в яких застосовуються найменші швидкості. Перша з них — політ навколо Землі на штучному супутнику. Для нього потрібна швидкість 7,9 *км/сек*. При швидкостях від 8 до 11 *км/сек* супутники відлітатимуть все далі й далі від Землі. Швидкість 11 *км/сек* достатня для того, щоб долетіти до Місяця (фактично потрібно трохи більше, щоб перемогти опір повітря на старті). Проте, дійшовши до краю місяцевого «колодязя», така ракета не зможе в нього благополучно спуститись і впаде на Місяць з висоти близько 40 000 *км*.

Для плавного спуску на Місяць потрібно буде ще зусилля конструкторів — збільшення швидкості до 13,4 *км/сек*. Така ракета вже зуміє зробити посадку. Правда, на Землю вона не повернеться, але перші відомості про Місяць ми матимемо. На ракеті будуть прилади, які скажуть нам про температуру й склад місяцевої поверхні. На ракеті може бути і телевізійний передавач; тоді, навіть не побувавши на Місяці, телеглядачі Землі побачать чужий, дивний для нашого ока місяцевий пейзаж.

Отже, перший крок у міжпланетних подорожах — це керовані по радіо автоматичні ракети. Вони розвідають траси і передадуть по радіо свої спостереження. Радіо і автоматика прискорять наше проникнення в міжпланетні простори, зроблять роботу майбутніх мандрівників легшою і безпечнішою.

Тільки після цього в подорож вирушать люди. Як і прилади, вони, певно, почнуть із «стрибків» у міжпланетний простір на висоту до 1000—2000 *км*. У цих коротких польотах майбутні мандрівники ознайомляться із світом без ваги, навчаться під час спуску гальмувати ракету за рахунок опору повітря. Потім підуть тривалі польоти на тимчасових штучних супутниках. І тільки після всього цього —

політ навколо Місяця. Адже облетіти його легше, ніж спускатись на поверхню, а потім знову підніматись, перемагаючи місяцеве притягання.

Облітаючи навколо Місяця, мандрівники вперше оглянуть і нанесуть на карту його другу сторону, яку люди бачили лише на фотографіях, які зробила автоматична міжпланетна станція на третій космічній ракеті в 1959 р. З цих фотографій ми знаємо, що на тій стороні такі самі темні рівнини («місяцеві моря»), кільцеподібні гори, хребти і тріщини.

І тільки після цього можна буде спуститись на Місяць. Покинувши Землю, ракета причалить до першого «небесного» острова на п'яту добу. Одягнені в скафандри, люди вийдуть на гарячий грунт освітленої і нагрітої Сонцем місяцевої пустині. Вони дослідять місяцевий пил, зберуть зразки порід, розкриють таємницю світлих променів, піднімуться на вершини гір, спустяться в кратери, величезними стрибками перенесуться через тріщини. На поверхні Місяця сила тяжіння в 6 раз менша, ніж на поверхні Землі. Тому людина, перебуваючи на Місяці, одним кроком «перемахне» віддаль у шість раз більшу, ніж на Землі. Інакше кажучи, людина на Місяці пересуватиметься не звичайними кроками, а стрибками (див. рис. на стор. 451). Перед мандрівниками буде велика незвідана поверхня в 38 млн. *км*^{2} (площа місяцевої кулі трохи менша, ніж площа Азії).

Політ на Місяць набагато випередить подорож на Марс і Венеру. І не тільки через те, що «колодязі» Марса і Венери глибші проти місяцевого і потребують далеко більше палива для спускання і зльоту. Справа в тому, що ці планети значно далі від нас. До Місяця нам треба летіти сотні тисяч кілометрів, до Марса і Венери по найвигідніших орбітах — сотні мільйонів кілометрів (тут найвигідніші орбіти не найкоротші). До Місяця ми летимо кілька діб, до Марса і Венери — багато місяців.

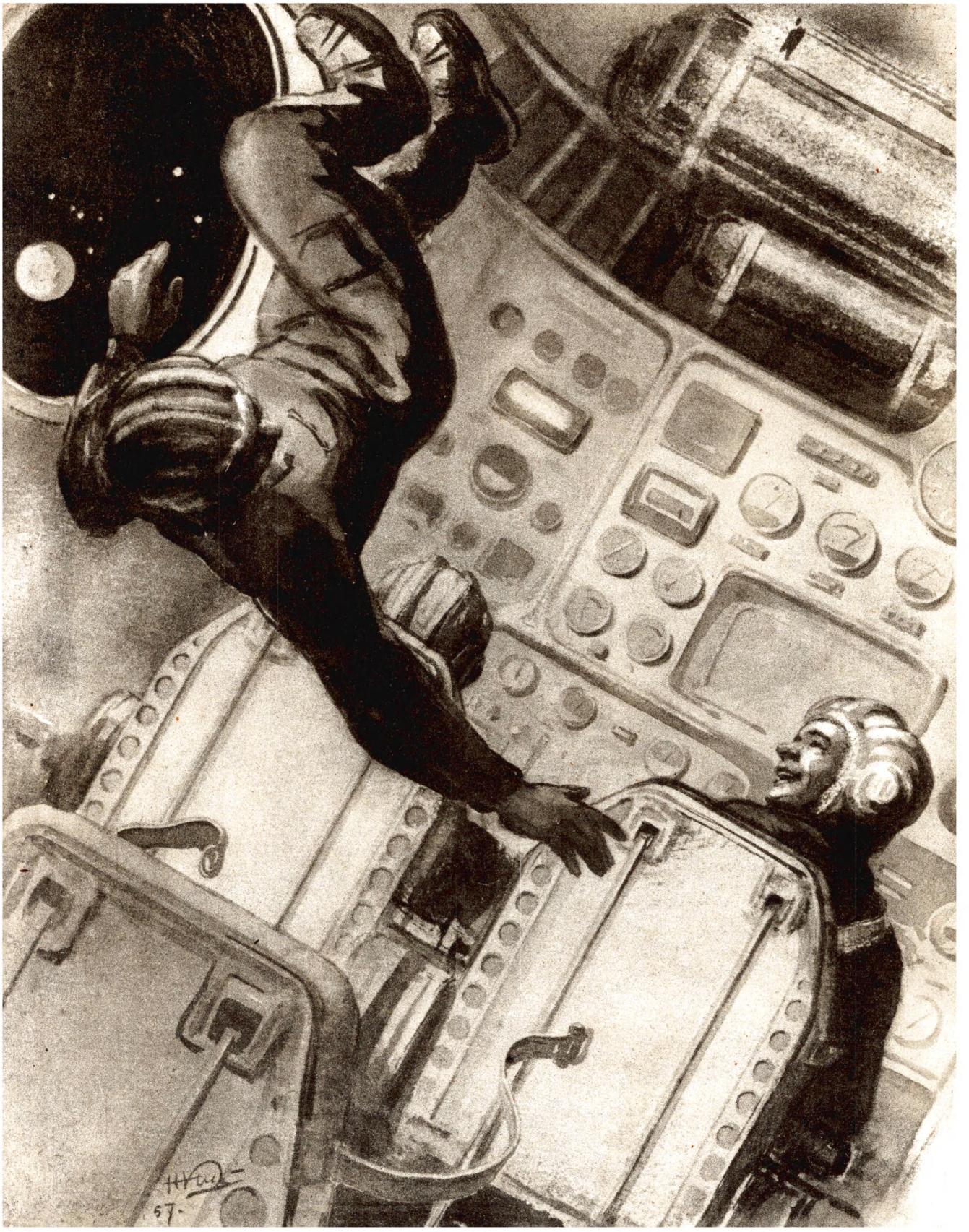
При польоті на Місяць кожній людині потрібно мати десятки кілограмів їжі, води і повітря. При польоті на Марс і на другі планети потрібні будуть вже тонни. А на ці тонни підуть десятки тонн палива і ще сотні тонн палива, щоб дати розгін цим десяткам тонн. Труднощі зростуть неймовірно. Збільшиться і метеоритна небезпека. Адже в тривалому польоті ймовірність зустрічі з метеоритами далеко більша. Та й із зв'язком буде важче. При польоті на Місяць радіотехніки забезпечать зв'язок і навіть керування ракетою з Землі. Але немає певності, що радіозв'язок буде так само добре діяти на віддалі 200—400 млн. *км* від Землі.

Знову подивимось на схему. «Колодязь» Марса помітно мілкіший, ніж «колодязь» Венери. Очевидно, політ на Марс легше здійснити. На цю планету легше висадитись і легше вибратись з неї. А ще легше пройти по краю «марсіанського колодязя» і повернутись на Землю. Мабуть, з цього люди й почнуть.

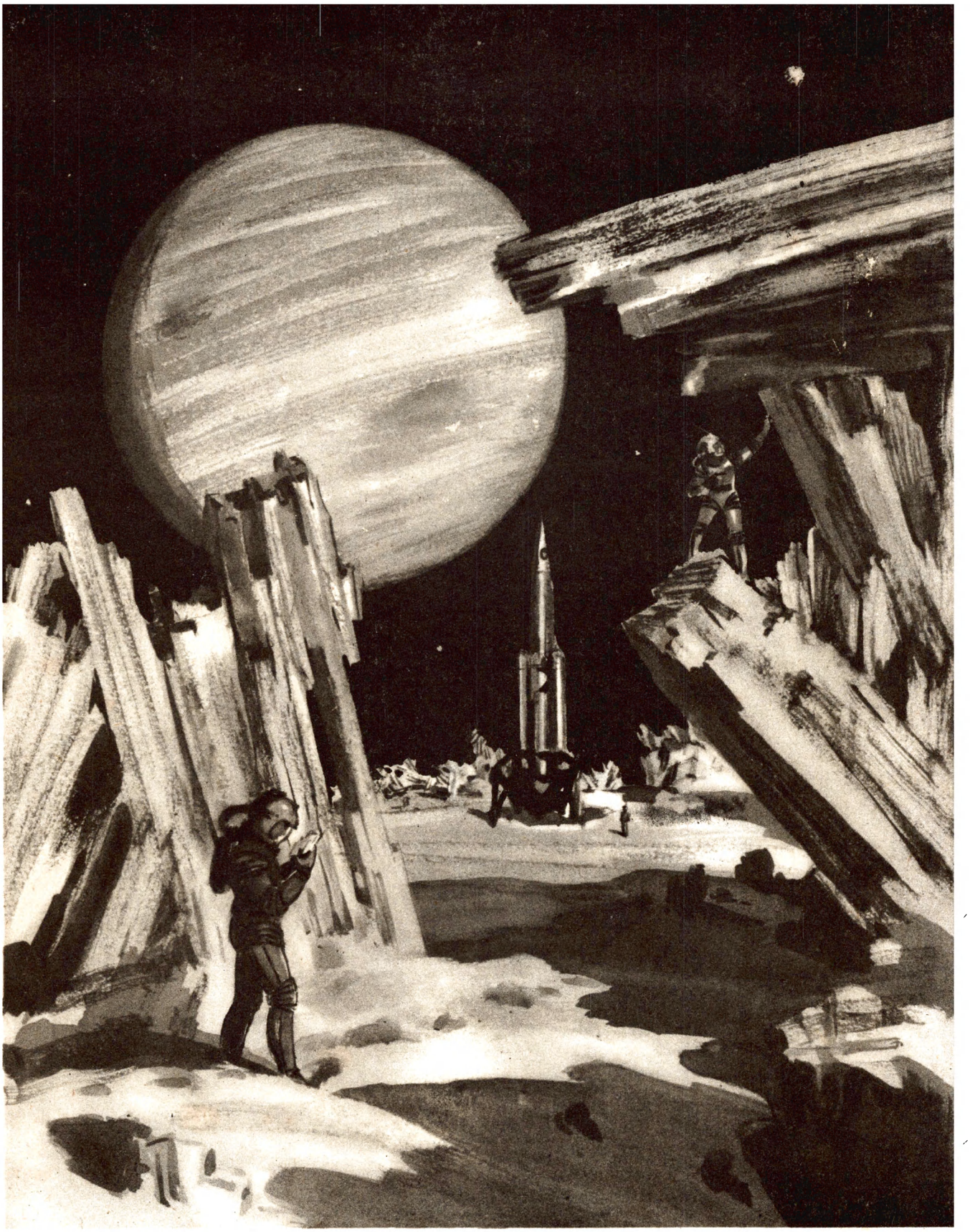
Такий політ вимагатиме великої мужності і величезного терпіння. Уявіть собі, ми покидаємо Землю. У перші хвилини й години ми захоплені грандіозним видовищем Землі. Але куля, що займає все небо, поступово стає дедалі меншою: через кілька днів це — другий Місяць, через місяць — яскрава голуба зоря, від якої ракета мчить до другої — червонуватої. Минає місяць за місяцем, голуба зоря стає дедалі тьмянішою, а червона — яскравішою. Ось Марс вже видно, як Місяць на земному небі. Йдуть години напруженої роботи. Фотографуємо, спостерігаємо, вивчаємо полярні шапки, моря, канали. Скільки розкрито таємниць, скільки виникає нових питань! Хочеться підійти ближче, розглянути краще. Але наближатись небезпечно: ми ризикуємо впасти в «колодязь». Пролітаємо повз планету на віддалі 50 000 *км*. Марс починає «відпливати». Через чотири дні ми залетимо від нього на мільйони кілометрів. Тепер почнеться багатомісячний зворотний шлях. Можна коротати його, вивчаючи знімки, складаючи звіти, роздумуючи над загадками, які виникли під час нашої експедиції.

Наступний крок — висадка на супутник Марса. У Марса їх два, і обидва малюсінькі: один — 8 *км* у діаметрі, другий — 15 *км*. Ці супутники досить близькі до Марса. Один з них перебуває на висоті 6000 *км* над поверхнею планети. Влаштувавшись на ньому, можна буде, не поспішаючи, взятись до досліджень. Але працювати на цьому супутнику доведеться дуже обережно, адже сила тяжіння там зовсім незначна. Сильний стрибок може скинути вас з цього мініатюрного «місяця» і перетворити в третій супутник Марса.

Услід за Марсом на черзі Венера. «Колодязь» Венери глибший; щоб спуститися в нього, треба побудувати ще досконаліший апарат. Попередньо облетіти навколо неї, може, і немає рації, бо вона окутана густою атмосферою, крізь яку однак нічого не можна розібрати. Хіба що вдасться провести знімання в інфрачервоних променях. Супутників у Венери



У кабіні ракети, коли нема ваги.



На супутнику Юпітера.

немає. В разі потреби ракета сама може стати на якийсь час її штучним супутником.

Але настане час, і нова, досконаліша ракета проникне в густі хмари цієї планети. Перед очима мандрівників стане ще один світ. Що побачать вони під густими хмарами? Вічну напівтемряву чи жаркий день, сухі пустині чи зарослі болота, бурхливі океани чи теплі моря? На жаль, сьогодні ми поки що надто мало знаємо про Венеру. Може, ми знайдемо на цій планеті життя.

Услід за Венерою нам доведеться оглянути Меркурій. Проте навряд чи ця подорож буде дуже приємною. Адже Меркурій у два з половиною рази ближче до Сонця, ніж Земля, і одержує в сім раз більше тепла. Одна половина його звернена до Сонця, там можуть плавитись деякі метали, а на другій стороні — вічний холод.

Список міжпланетних маршрутів далеко не вичерпано. Попереду ще небезпечний політ у пояс астероїдів, де безліч малих планет, діаметром у сотні, десятки кілометрів і менше.

На черзі далекі багаторічні польоти в область вічної темряви і холоду, до планет-гігантів — Юпітера і Сатурна. Можливо, люди не захочуть відвідати ці похмурі світи, окутані отруйними газами, задовольняться вивченням цих планет з їх супутників. Серед останніх є достатньо великі небесні тіла — завбільшки з Місяць і навіть далеко більші. Супутники Юпітера Ганімед і Каллісто, супутник Сатурна Титан, а також супутник Нептуна Тритон навіть більші від Меркурія.

І, нарешті, у далекій перспективі, відвідавши «льодові» планети Уран, Нептун і Плутон, людство вийде до меж сонячної системи.

ШЛЯХ У БЕЗКОНЕЧНІСТЬ

Ось і межі сонячної системи. Спереду чорні міжзоряні простори. Протяжність їх важко уявити собі, така вона велика.

Ви вже знаєте, що космічні віддалі виражають іноді світловими роками. Нагадуємо вам, що світловий рік — це шлях, який світло проходить за рік.

Від Землі до Місяця віддаль дещо перевищує одну світлову секунду. До Марса — не менш як три світлові хвилини, до Сонця світло йде вісім хвилин, до Юпітера — півгодини. До далекого Нептуна — чотири світлові години. Але до найближчої до нас зорі — альфи Центавра — більш як чотири світлових роки.

Може, людина ніколи не вирветься за межі сонячної системи і не варт мріяти про польоти до зір? Проте й зараз є немало людей, які вже міркують над тим, як же все-таки подолати простір і час.

Проблема зводиться до швидкостей. 11 *км/сек* достатньо для польоту на Місяць. Для міжзоряних польотів потрібні колосальні швидкості —200—300 тис. *км/сек*. Ні хімічне паливо, ні атомний підігрівник, ні розпад урану, ні термоядерна реакція, як у водневій бомбі, не дають достатньої кількості енергії для таких швидкостей. Тільки повне перетворення речовини в промені зможе забезпечити швидкості для подорожей до зір.

Це справа далекого майбутнього. Тепер тільки в лабораторіях учені спостерігають таке перетворення речовини в окремі частинки і роблять теоретичні розрахунки для створення променевої ракети.

Але навіть на найбільш досконалій променевій ракеті (її вже називають фотонною ракетою) подорож на найближчу зорю і назад триватиме більш як вісім років.

Теоретично фотонна ракета дасть змогу досягти протягом одного життя людини найближчих зір. Серед них альфа Центавра, про яку вже згадувалось. Насправді це не одна зоря, а два «сонця», приблизно таких, як наше. Недалеко від них є й третє — тьмяне, червонувате, «прохолодне» сонечко—Проксіма («найближча») Центавра.

Можна буде вирушити на фотонній ракеті до зорі Барнарда — до неї 6 світлових років. Це одиноке досить тьмяне «сонце». На черзі буде Сіріус. Віддаль від Землі до нього 8,7 світлового року. Сіріус — це два «сонця». Одне з них біле, гаряче — більше й жаркіше від нашого. Друге — завбільшки з планету Уран і неймовірно густе — білий карлик.

Цікаво відвідати зорю 61 Лебедя, до якої 10,9 світлового року. Тут можна буде побачити два невеликих червоних «сонця». В одного з них є супутник — планета, більша ніж наш гігант Юпітер.

Можна назвати ще кілька десятків зір, у тому числі Проціон — альфу Малого Пса, Альтаїр — альфу Орла, до яких можна долетіти на фотонній ракеті.

Може, коротке (порівняно з космічними строками) людське життя стане тим бар'єром, який не дасть людині проникнути в ще віддаленіші глибини Всесвіту? Навряд! Далекі зорі можна досліджувати за допомогою автоматів, довговічних машин, на зразок теперішніх

штучних супутників, тільки набагато досконаліших від них.

Можливо, що люди навчаться вдаватись до штучного сну і прокидатись через десятки років або, що найприємніше, навчаться продовжувати життя людини. А може статись, що людина відкриє нові властивості матерії, які будуть здатні змінити наші сьогоднішні розрахунки.

Усе це буде не скоро! У нас є ще час поміркувати. Всесвіт безмежний. Але безмежні і можливості людської думки, безмежна творчість, дерзання, прагнення людини пізнати всі таємниці природи.

ЩО МИ ШУКАЄМО НА НЕБІ

Людство зародилось на Землі. Люди пристосовані до земного повітря, земної ваги, земної їжі, земної температури. Неймовірні труднощі виникнуть на шляху тих, хто захоче проникнути туди, де немає повітря, немає ваги, де спека межує з морозом і літають небезпечні міжпланетні «кулі». Але за риск і випробування люди будуть винагороджені сторицею.

Кожна космічна ракета — це насамперед лабораторія. Наднизькі температури на Землі створюються з чималими труднощами в лабораторіях із складним устаткуванням. На космічній ракеті це не проблема. Треба тільки, щоб матеріал, який ми вивчаємо, був у затінку. Вакуум — те, що називають пустотою,— на Землі ми дістаємо з величезними труднощами. І все ж не вдається позбутись невеликої кількості газу. У міжпланетному просторі скільки завгодно вакууму. Усі досліди з проходженням струму, світла, радіохвиль у пустоті є рація проводити за межами атмосфери. Штучні супутники, космічні кораблі або Місяць допоможуть поширенню телебачення. Спрямувати короткі хвилі на супутник чи на Місяць, там підсилити, відбити і передати їх на Землю теоретично цілком можливо.

Астрономи незадоволені земною атмосферою. Повітря розсіює і відбиває у простір чималу частину проміння. Світло Сонця, планет і зір доходить до нас ослабленим. За межами атмосфери видно далеко більше зір, зручніше спостерігати планети. Тому, проникнувши в міжпланетний простір, учені винесуть туди телескопи.

Вирвавшись за межі Землі, люди взнають світи, не схожі на Землю: з іншою природою і іншою історією. Вони більше знатимуть про небо, про будову речовини, про життя. А чим глибше людство знатиме природу, тим краще воно зможе її використати для свого життя на Землі.

ПЕРШИЙ ПОЛІТ ЛЮДИНИ В КОСМОС

ПРО ПЕРШИЙ У СВІТІ ПОЛІТ ЛЮДИНИ В КОСМІЧНИЙ ПРОСТІР
(Повідомлення ТАРС)

12 квітня 1961 р. в Радянському Союзі виведено на орбіту навколо Землі перший у світі космічний корабель-супутник «Восток» з людиною на борту.

Пілотом-космонавтом космічного корабля-супутника «Восток» є громадянин Союзу Радянських Соціалістичних Республік льотчик майор Гагарін Юрій Олексійович.

Старт космічної багатоступінчастої ракети пройшов успішно, і після набору першої космічної швидкості та відокремлення від останнього ступеня ракети-носія корабель-супутник почав вільний політ по орбіті навколо Землі.

За попередніми даними, період обертання корабля-супутника навколо Землі становить 89,1 хвилини; мінімальне віддалення від поверхні Землі (в перигеї) дорівнює 175 кілометрам, а максимальна віддаль (в апогеї) становить 302 кілометри; кут нахилу площини орбіти до екватора 65 градусів 4 мінути.

Вага космічного корабля-супутника з пілотом-космонавтом становить 4725 кілограмів, без урахування ваги кінцевого ступеня ракети-носія.

З космонавтом товаришем Гагаріним встановлений і підтримується двосторонній

радіозв'язок. Частоти бортових короткохвильових передавачів становлять 9,019 мегагерца і 20,006 мегагерца, а в діапазоні ультракоротких хвиль 143,625 мегагерца. З допомогою радіотелеметричної і телевізійної систем провадиться спостереження за станом космонавта в польоті.

Період виведення корабля - супутника «Восток» на орбіту космонавт товариш Гагарін переніс задовільно і тепер почуває себе добре. Системи, що забезпечують необхідні життєві умови в кабіні корабля-супутника, функціонують нормально.

Політ корабля-супутника «Восток» з пілотом - космонавтом товаришем Гагаріним на орбіті триває.

Перший у світі пілот-космонавт Герой Радянського Союзу Юрій Олексійович Гагарін.

* * *

За одержаними даними з борту космічного корабля «Восток» о 9-й годині 52 хвилини за московським часом пілот-космонавт майор Гагарін, перебуваючи над Південною Америкою, передав: «Політ проходить нормально, почуваю себе добре».

* * *

О 10-й годині 15 хвилин за московським часом пілот-космонавт майор Гагарін, пролітаючи над Африкою, передав з борту космічного корабля «Восток»: «Політ проходить нормально, стан невагомості переношу добре».

* * *

О 10-й годині 25 хвилин за московським часом, після обльоту земної кулі відповідно до заданої програми, було включено гальмову рухову установку і космічний корабель-супутник з пілотом-космонавтом майором Гагаріним почав знижуватися з орбіти для приземлення в заданому районі Радянського Союзу.

ПРО УСПІШНЕ ПОВЕРНЕННЯ ЛЮДИНИ З ПЕРШОГО КОСМІЧНОГО ПОЛЬОТУ

(Повідомлення ТАРС)

Після успішного проведення намічених досліджень і виконання програми польоту 12 квітня 1961 р. о 10-й годині 55 хвилин за московським часом радянський корабель «Восток» зробив благополучну посадку в заданому районі Радянського Союзу.

Льотчик-космонавт майор Гагарін повідомив: «Прошу довести партії і урядові і особисто Микиті Сергійовичу Хрущову, що приземлення пройшло нормально, почуваю себе добре, травм і ушибів не маю».

Здійснення польоту людини в космічний простір відкриває грандіозні перспективи підкорення космосу людством.

ДО КОМУНІСТИЧНОЇ ПАРТІЇ І НАРОДІВ РАДЯНСЬКОГО СОЮЗУ! ДО НАРОДІВ І УРЯДІВ УСІХ КРАЇН! ДО ВСЬОГО ПРОГРЕСИВНОГО ЛЮДСТВА!

ЗВЕРНЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОМІТЕТУ КПРС, ПРЕЗИДІЇ ВЕРХОВНОЇ РАДИ СРСР І УРЯДУ РАДЯНСЬКОГО СОЮЗУ

Сталася велика подія. Вперше в історії людина здійснила політ у космос.

12 квітня 1961 р. о 9-й годині 7 хвилин за московським часом космічний корабель-супут-

ник «Восток» з людиною на борту піднявся в космос і, зробивши політ навколо земної кулі, благополучно повернувся на священну землю нашої Батьківщини — Країни Рад.

Перша людина, яка проникла в космос,— радянська людина, громадянин Союзу Радянських Соціалістичних Республік!

Це — безприкладна перемога людини над силами природи, величезне завоювання науки і техніки, торжество людського розуму. Покладено початок польотам людини в космічний простір.

У цьому подвигу, який увійде у віки, втілені геній радянського народу, могутня сила соціалізму.

З почуттям великої радості і законної гордості Центральний Комітет Комуністичної партії, Президія Верховної Ради СРСР і Радянський уряд відзначають, що цю нову еру в прогресивному розвитку людства відкрила наша країна — країна перемігшого соціалізму.

В минулому відстала царська Росія не могла і мріяти про здійснення таких подвигів у боротьбі за прогрес, про змагання з більш розвинутими в техніко-економічному відношенні країнами.

Волею робітничого класу, волею народу, запалюваних партією комуністів на чолі з Леніним, наша країна перетворилась у могутню соціалістичну державу, досягла небачених висот у розвитку науки і техніки.

Коли робітничий клас у жовтні 1917 р. взяв владу в свої руки, багато хто, навіть чесні люди, сумнівалися в тому, чи зможе він управляти країною, зберегти хоча б досягнутий рівень розвитку економіки, науки і техніки.

І ось тепер перед усім світом робітничий клас, радянське колгоспне селянство, радянська інтелігенція, весь радянський народ демонструють небувалу перемогу науки і техніки. Наша країна випередила всі інші держави світу і першою проклала шлях у космос.

Радянський Союз першим запустив міжконтинентальну балістичну ракету, першим послав штучний супутник Землі, першим направив космічний корабель на Місяць, створив перший штучний супутник Сонця, здійснив політ космічного корабля в напрямі до планети Венера. Один за одним радянські кораблі-супутники з живими істотами на борту робили польоти в космос і повертались на Землю.

Вінцем наших перемог в освоєнні космосу є тріумфальний політ радянської людини на космічному кораблі навколо Землі.

Честь і слава робітничому класові, радянському селянству, радянській інтелігенції, всьому радянському народові!

Честь і слава радянським ученим, інженерам і технікам — творцям космічного корабля!

Честь і слава першому космонавтові — товаришеві Гагаріну Юрієві Олексійовичу — піонерові освоєння космосу!

Нам, радянським людям, які будують комунізм, припала честь першими проникнути в космос. Перемоги в освоєнні космосу ми вважаємо не тільки досягненням нашого народу, але й усього людства. Ми з радістю ставимо їх на службу всім народам в ім'я прогресу, щастя і блага всіх людей на Землі. Наші досягнення і відкриття ми ставимо не на службу війні, а на службу мирові та безпеці народів.

Розвиток науки і техніки відкриває безмежні можливості для оволодіння силами природи і використання їх на благо людини, для цього насамперед треба забезпечити мир.

У цей урочистий день ми знову звертаємось до народів і урядів усіх країн з закличним словом про мир.

Хай усі люди, незалежно від рас і націй, кольору шкіри, від віросповідання і соціальної приналежності, докладуть усіх сил, щоб забезпечити міцний мир в усьому світі. Покладемо край гонці озброєнь! Здійснимо загальне і повне роззброєння під суворим міжнародним контролем! Це буде вирішальний вклад у священну справу захисту миру.

Славна перемога нашої Батьківщини запалює всіх радянських людей на нові подвиги в будівництві комунізму!

Вперед, до нових перемог в ім'я миру, прогресу і щастя людства!

ЦЕНТРАЛЬНИЙ КОМІТЕТ КОМУНІСТИЧНОЇ ПАРТІЇ РАДЯНСЬКОГО СОЮЗУ

ПРЕЗИДІЯ ВЕРХОВНОЇ РАДИ СРСР

РАДА МІНІСТРІВ СОЮЗУ РАДЯНСЬКИХ СОЦІАЛІСТИЧНИХ РЕСПУБЛІК

Москва, Кремль, 12 квітня 1961 р.

РАДЯНСЬКОМУ КОСМОНАВТОВІ, ЯКИЙ ВПЕРШЕ В СВІТІ ЗДІЙСНИВ КОСМІЧНИЙ ПОЛІТ, МАЙОРОВІ ГАГАРІНУ ЮРІЄВІ ОЛЕКСІЙОВИЧУ

Дорогий Юрію Олексійовичу!

Я дуже радий палко поздоровити Вас з видатним героїчним подвигом — першим космічним польотом на кораблі-супутнику «Восток».

Весь радянський народ захоплений Вашим славним подвигом, який пам'ятатимуть у віках як приклад мужності, відваги і геройства в ім'я служіння людству.

Здійснений Вами політ відкриває нову сторінку в історії людства в підкоренні космосу і сповнює серця радянських людей великою радістю і гордістю за свою Соціалістичну Батьківщину.

Від щирого серця поздоровляю Вас з щасливим поверненням з космічної подорожі на рідну землю. Обіймаю Вас.

До скорої зустрічі в Москві.

М. ХРУЩОВ

12 квітня 1961 р.

ВИСТУП Ю. О. ГАГАРІНА НА ПРЕС-КОНФЕРЕНЦІЇ В БУДИНКУ ВЧЕНИХ

15 квітня 1961 р.

Дорогі товариші, шановні гості!

Багатьох цікавить моя біографія. Як я читав у газеті, знайшлись несерйозні люди в Сполучених Штатах Америки, далекі родичі князів Гагаріних, які вважають, що я якийсь їх родич. Але можу їх розчарувати. Вони зробили несерйозно і несолідно. Я проста радянська людина. Народився я 9 березня 1934 р. в сім'ї колгоспника. Місце народження — Смоленська область, Гжатський район.

Серед своїх родичів ніяких князів і людей знатного роду не знаю і ніколи про них не чув. Батьки мої до революції — селяни-бідняки. Мій дідусь теж був селянин-бідняк, і ніяких князів серед нас немає. Я висловлюю жаль цим знатним «родичам», але доведеться їх розчарувати.

Вчився я в школі, в ремісничому училищі в м. Люберцях Московської області, потім вступив учитись до Саратовського індустріального технікуму за спеціальністю формувальника-ливарника. Але давньою моєю мрією було стати льотчиком, хотілось літати. По закінченні технікуму в 1955 р. одночасно закінчив курси при Саратовському аероклубі, після чого був прийнятий в Оренбурзьке авіаційне училище, яке закінчив у 1957 р. і здобув спеціальність військового льотчика-винищувача. Служив в одній з частин Збройних Сил Радянського Союзу.

На мою переконливу просьбу був включений до складу кандидатів у космонавти. Відбір цей пройшов, і, як бачите, став космонавтом. Пройшов відповідну підготовку, програму якої розробили наші вчені і про яку дуже докладно розповів президент Академії наук. Техніку вивчив добре і був готовий до космічного польоту.

Я дуже щасливий, безмірно вдячний нашій партії, нашому урядові, що мені довірили цей політ. Я здійснив його в ім'я нашої Батьківщини, в ім'я всього радянського героїчного народу, в ім'я Комуністичної партії Радянського Союзу і її ленінського Центрального Комітету.

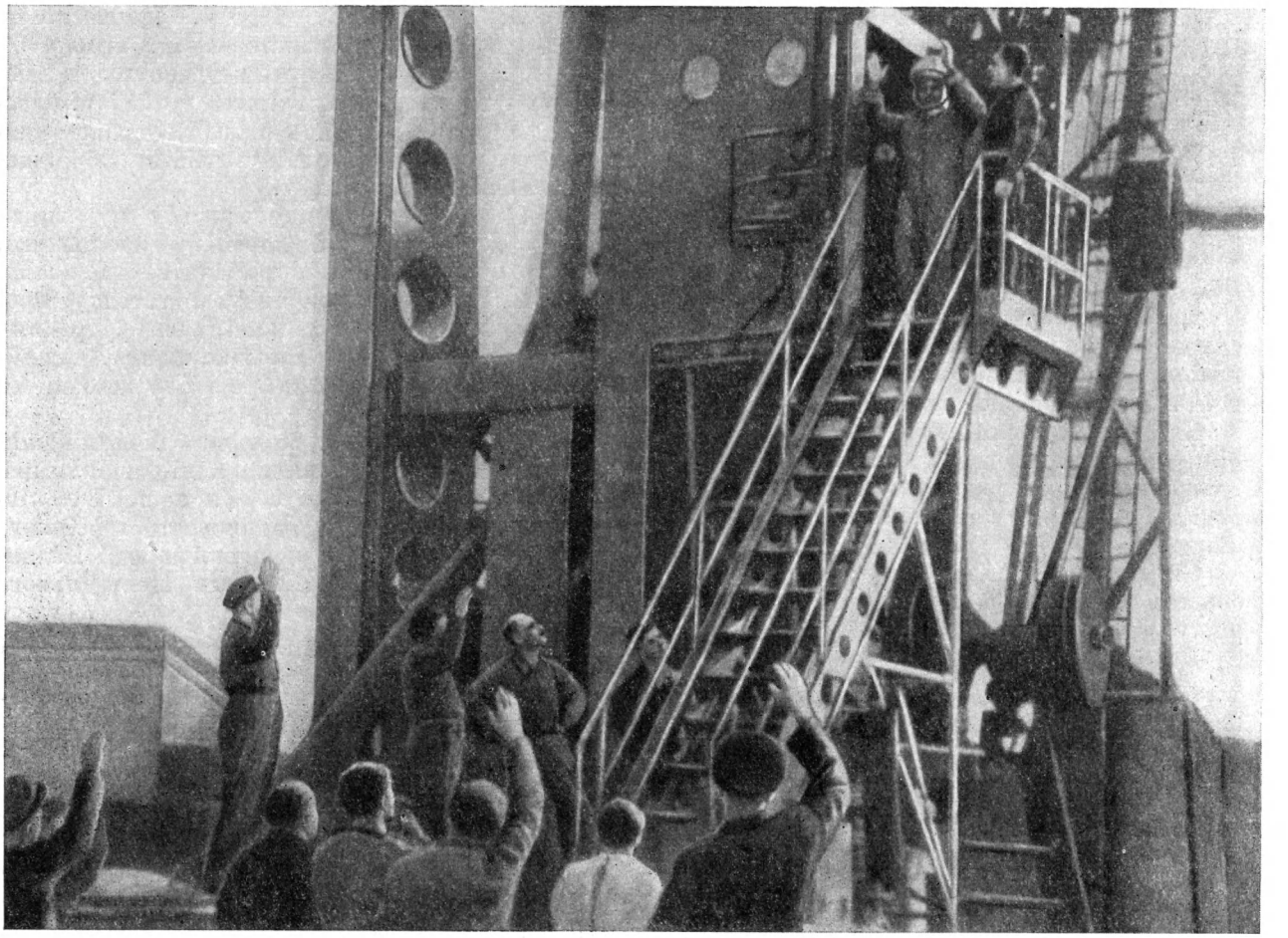
Перед польотом почував себе дуже добре, чудово, був впевнений в успішному закінченні цього польоту. Техніка дуже добра, дуже надійна, і я, і всі мої товариші, вчені, інженери й техніки, всі ми не сумнівалися в успіху цього космічного польоту.

В польоті самопочуття також було чудовим.

На активній ділянці, при виведенні дія перевантажень, вібрації та інших навантажень не впливала гнітуче на мій стан і дозволяла мені працювати плодотворно, згідно з тією програмою, яку було задано на політ.

Після виведення на орбіту, після розділення з ракетою-носієм, з'явилась невагомість. Спочатку це почуття було трохи незвичним, хоч і раніше до цього я відчував короткочасний вплив невагомості. Але я незабаром до цього стану невагомості звик, освоївся з цим станом і продовжував виконувати програму, яку мені було задано на політ. На мою суб'єктивну думку, вплив невагомості не позначається на працездатності організму, на виконанні фізіологічних функцій.

В процесі цього польоту я провадив плодотворну роботу за програмою. Під час польоту приймав їжу, воду, підтримував безперервний радіозв'язок з Землею по кількох каналах як у телефонних, так і в телеграфних режимах. Я спостерігав за роботою обладнання корабля, доповідав на Землю і записував дані в бортжурнал і на магнітофон. Самопочуття протягом всього періоду стану невагомості було прекрасним, працездатність збе-



Юрій Олексійович Гагарін у повному вбранні космонавта перед підняттям до кабіни космічного корабля «Восток».

реглася повністю. Потім за програмою польоту в певний час було дано команду на спуск. Було включено гальмову рухову установку і взято ту швидкість, яка необхідна для спуску корабля на Землю. Відбувся спуск на Землю, який було передбачено програмою польоту, і я з радістю зустрів на Землі наших рідних радянських людей. Приземлення відбулося в заданому районі.

Хочу трохи розповісти вам про спостереження, які я проводив, будучи в космосі.

Землю з цієї висоти — 175—300 кілометрів — видно дуже добре. Вигляд поверхні Землі приблизно такий же, як ми можемо спостерігати при польоті на великих висотах на реактивних літаках. Дуже добре розрізняються крупні гірські масиви, великі ріки, великі лісові масиви, берегова лінія, острови. Дуже добре видно хмари, що вкривають земну поверхню, тіні від цих хмар на земній поверхні. Небо має зовсім чорний колір. Зірки на цьому небі трохи яскравіші і їх виразніше видно на фоні цього чорного неба. Земля має дуже характерний, дуже гарний блакитний ореол. Цей ореол дуже добре видно, коли спостерігаєш горизонт, плавний перехід від ніжно-блакитного кольору через блакитний, синій, фіолетовий і зовсім чорний колір неба. Дуже красивий перехід.

При виході з тіні попало сонце, і воно просвічувало через земну атмосферу. І тут цей ореол набрав трохи іншого кольору. Біля самої поверхні, біля самого горизонту земної поверхні можна було спостерігати яскраво-оранжевий колір, який потім переходив в усі

кольори райдуги, до блакитного, синього, фіолетового і чорного кольору неба.

Вхід у тінь Землі здійснюється дуже швидко. Зразу настає темрява і нічого не видно. На земній поверхні в цей час я нічого не спостерігав, нічого не було видно, бо, очевидно, я проходив над океаном. Коли б були великі міста, то, очевидно, було б видно вогні.

Зорі спостерігаються дуже добре. Вихід з тіні Землі також здійснюється дуже швидко і різко.

Вплив факторів космічного польоту, в зв'язку з тим, що я був підготовлений цілком, переніс добре. Тепер я почуваю себе чудово.

Я дуже вдячний нашим радянським конструкторам, інженерам і технікам, усьому радянському трудовому народові, який створив цей прекрасний корабель «Восток», його прекрасне обладнання, прекрасну потужну ракету-носій, яка дає змогу виводити такі величезні кораблі на орбіту.

Я безмірно радий, що моя любима Вітчизна перша в історії людства проникла в космос. Перший літак, перший супутник, перший космічний корабель і перший політ людини в космос — ось етапи великого шляху моєї Батьківщини до оволодіння таємницями природи. До цієї мети наш народ вела і впевнено веде ленінська Комуністична партія. На кожному кроці свого навчання, життя і роботи — в ремісничому училищі, в індустріальному технікумі, в аероклубі, в авіаційному училищі я постійно відчував піклування і увагу рідної партії, членом якої і сином я є. Мені особливо хочеться відзначити те любовне людське піклування, яке виявляється у нас в Радянському Союзі до простих людей з боку Центрального Комітету партії, Радянського уряду і нашого дорогого Микити Сергійовича Хрущова. Буквально через кілька хвилин після приземлення на рідну радянську землю я одержав дуже теплу поздоровну телеграму від Микити Сергійовича і поздоровлення з успішним завершенням цього космічного польоту. Свій політ ми присвятили героїчному радянському народові, нашому урядові, рідній Комуністичній партії і XXII з'їздові Комуністичної партії.

Гігантський космічний корабель «Восток», в якому знаходиться перший у світі космонавт Ю. О. Гагарін, з вогняної хмари злітає до зір

Літати ми думаємо багато, впевнено і підкоряти космічний простір по-справжньому. Завжди раді успіхам в розвитку науки в інших країнах, раді вітати в космосі космонавтів інших країн. Ми бажаємо їм добрих успіхів у мирному освоєнні космосу і хочемо співробітничати разом з ними в мирному використанні космічного простору.

Особисто я ще хочу багато літати в космос. Літати мені сподобалось. Хочу злітати до Венери, до Марса, по-справжньому політати.

ЗОЛОТА МЕДАЛЬ ФАЇ Ю. О. ГАГАРІНУ

За видатне досягнення в галузі завоювання космосу першому в світі льотчику-космонавту майору Ю. О. Гагаріну присуджено Золоту медаль Міжнародної Авіаційної Федерації (ФАЇ).

БЕЗПРИКЛАДНИЙ ПОДВИГ РАДЯНСЬКОЇ НАУКИ Й ТЕХНІКИ

ПОВІДОМЛЕННЯ ТАРС

6 серпня 1961 р. о 9-й годині за московським часом в Радянському Союзі здійснено новий запуск на орбіту супутника Землі космічного корабля «Восток-2».

Корабель «Восток-2» пілотує громадянин Радянського Союзу льотчик-космонавт майор товариш Титов Герман Степанович.

Завданнями польоту є:

— дослідження впливу на людський організм тривалого польоту по орбіті і дальшого спуску на поверхню Землі;

— дослідження працездатності людини при тривалому перебуванні в умовах невагомості.

За попередніми даними, корабель-супутник виведено на орбіту, близьку до розрахованої, з параметрами:

— мінімальне віддалення від поверхні Землі (в перигеї) дорівнює 178 кілометрам;

— максимальне віддалення (в апогеї) становить 257 кілометрів;

— кут нахилу орбіти до екватора 64 градуси 56 мінут.

Початковий період обертання корабля-супутника становить 88,6 хвилини. Вага космічного корабля-супутника «Восток-2», без урахування ваги останнього ступеня ракетиносія, становить 4731 кілограм.

З льотчиком-космонавтом тов. Титовим встановлений і підтримується двосторонній радіозв'язок.

Льотчик-космонавт веде свої передачі на частотах 15,765 мегагерц, 20,006 мегагерц, 143,625 мегагерц.

На борту корабля встановлено також передавач «Сигнал», який працює на частоті 19,995 мегагерц.

Бортові системи, що забезпечують життєдіяльність льотчика-космонавта, функціонують нормально.

Самопочуття льотчика-космонавта товариша Титова Германа Степановича добре.

Політ радянського космічного корабля, керованого людиною, проходить успішно.

* * *

Політ радянського космічного корабля-супутника «Восток-2» з космонавтом товаришем Титовим на борту проходить успішно, у відповідності з програмою.

Прийняті телевізійні зображення космонавта, телеметрична інформація про його стан і про кліматичні умови в кабіні корабля-супутника свідчать про нормальне проходження польоту космонавта. Самопочуття товариша Титова відмінне. Частота пульсу 88 ударів на хвилину, частота дихання 15—18 на хвилину. Всередині кабіни підтримуються нормальні умови для життєдіяльності. Польотне завдання виконується космонавтом майором Титовим у відповідності з програмою.

На другому обороті навколо Землі космонавт майор Титов з борту космічного корабля-супутника «Восток-2» передав ряд повідомлень, які свідчать про те, що політ проходить успішно.

По телевізійних лініях з Землі провадиться спостереження за космонавтом і його роботою з приладами.

Пролітаючи над Африкою, майор Титов з борту корабля-супутника «Восток-2» передав привітання народам Африки.

Під час третього обороту, пролітаючи над Європою, майор Титов передав з борту кораб-

ля-супутника привітання народам Радянського Союзу і Європи.

Наприкінці третього витка, з 12 години 30 хвилин до 13 години, товариш Титов обідав. Обід космонавта складався з трьох страв. В кінці обіду космонавт передав: «Пообідав, самопочування відмінне».

На початку четвертого витка, у відповідності з програмою польоту, у космонавта був годинний відпочинок. Після відпочинку космонавт провів фіззарядку і приступив до дальшого виконання робіт, передбачених польотним завданням.

Герой Радянського Союзу льотчик-космонавт Герман Степанович Титов.

В кінці обороту, перебуваючи над Південною Америкою, майор Титов передав привітання народам Південної Америки.

У доповідях, переданих з борту корабля-супутника «Восток-2», майор Титов повідомляє про безвідмовне функціонування всієї апаратури, встановленої на кораблі. Протягом години майор Титов проводив випробування системи ручного управління кораблем-супутником.

Після закінчення випробувань він доповів про добру керованість корабля-супутника при маневруванні за допомогою ручного управління.

При польоті над територією Радянського Союзу по радіотелевізійній системі надходили зображення, які показували спокійне і усміхнене обличчя радянського космонавта.

Пролітаючи над Гуанчжоу, майор Титов передав привітання народам Азії, а пролітаючи над Мельбурном, передав привітання народові Австралії.

За розпорядком дня з 18 години 30 хвилин 6 серпня до 2.00 7 серпня майор Титов мав відпочивати (спати).

Космонавт прокинувся о 2-й годині 37 хвилин і почав виконувати роботу за графіком.

З борту корабля «Восток-2» майор Титов повідомив, що спав добре, все устаткування корабля працює нормально, в кабіні підтримуються задані гігієнічні умови, самопочуття відмінне.

7 серпня на 8 годину 20 хвилин за московським часом корабель-супутник «Восток-2» закінчував свій 16-й оборот навколо Землі. За цей час космонавт майор Титов пролетів 654 800 кілометрів.

* * *

Радянський космічний корабель-супутник «Восток-2», пілотований космонавтом майором Титовим Германом Степановичем, зробив більш як 17 оборотів навколо земної кулі протягом двадцяти п'яти годин вісімнадцяти хвилин і пролетів понад сімсот тисяч кілометрів.

У зв'язку з успішним завершенням програми наукових досліджень відповідно до за-

твердженого польотного завдання було проведено посадку корабля-супутника «Восток-2» в заданому районі Радянського Союзу, поблизу історичного місця посадки корабля-супутника «Восток-1» 12 квітня 1961 року з пілотом-космонавтом майором Юрієм Олексійовичем Гагаріним.

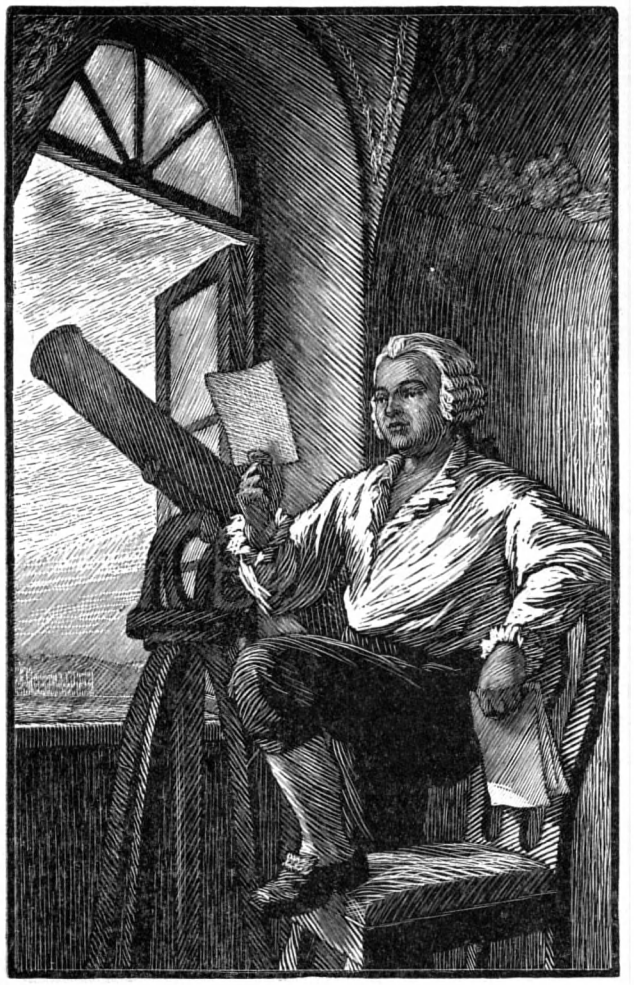
Товариш Г. С. Титов здоровий і почуває себе відмінно. Безприкладний в історії людства тривалий космічний політ радянського космонавта успішно завершений. Одержані результати досліджень відкривають широкі перспективи дальшого розвитку космічних польотів людини.

Видатні астрономи

МИХАЙЛО ВАСИЛЬОВИЧ ЛОМОНОСОВ ЯК АСТРОНОМ

Свого часу спостереження Галілея і інших астрономів, які мали у своєму розпорядженні телескопи, підтвердили, що планети, як і Земля, кулястої форми. Але чи схожі інші планети на Землю за своєю фізичною будовою, чи є хоча б на одній з них атмосфера, подібна до земної,— це довго було невідомо. Великий російський учений Михайло Васильович Ломоносов на початку другої половини XVIII ст. довів, що на Венері — одній з планет нашої сонячної системи — є атмосфера, причому, мабуть, густіша, ніж атмосфера Землі.

Своє визначне відкриття Ломоносов зробив у 1761 р., спостерігаючи проходження Венери між Землею і Сонцем. Це дуже рідке явище спостерігали вчені багатьох країн, спеціально організувавши для цього далекі експедиції. Такі спостереження Венери давали можливість уточнити величину віддалі від Землі до Сонця. Але тільки Ломоносов, у себе дома, у Петербурзі, спостерігаючи в невелику трубу, зробив велике відкриття, що на Венері є атмосфера. Одного цього відкриття було достатньо, щоб ім'я Ломоносова збереглося в віках. Ломоносов був основоположником багатьох галузей знань, він зробив багато для розвитку і фізики, і хімії, і геології, і мінералогії. Водно-



М. В. Ломоносов провадить астрономічні спостереження.
(Гравюра В. М. Ростовцева).

час він був видатним поетом, істориком, філологом і одним з найбільших астрономів свого часу.

У часи Ломоносова вчення Коперніка, яке визнали всі передові вчені, натрапляло ще на шалений опір з боку російської церкви. На початку XVIII ст. Петро I, переконаний прихильник учення Коперніка, багато зробив для його поширення в нашій країні, незважаючи на опір церковних недолюдків і відсталих людей. Але після смерті Петра I вплив церкви знов посилився.

Ломоносов — один з передових учених свого часу — усе життя невтомно боровся проти релігії за торжество науки, проти відсталості і неуцтва. Він твердив, що Всесвіт безконечний, що населених світів у ньому безліч, що як наша Земля, так і все в природі не завжди було таким, яким ми його бачимо тепер, що все в природі змінюється. Він дотепно висміював у віршах мракобісів, що продовжували обстоювати хибне вчення про нерухому Землю, яка нібито стоїть у центрі світу. Ломоносов пропагував книжки, в яких викладалося вчення Коперніка, і прагнув до якнайбільшого поширення в народі правильних уявлень про будову Всесвіту.

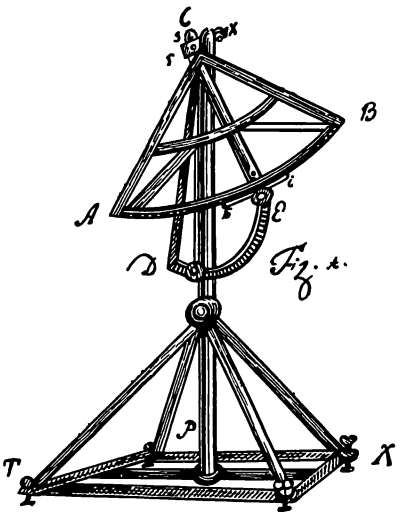
Ломоносов був не тільки великим ученим, а й великим патріотом. У науці він бачив могутню силу для поліпшення життя народу. Ломоносов прекрасно розумів, яке значення має мореплавство для нашої величезної країни з її великим морським кордоном. А для того, щоб правильно вести корабель у далекій морській подорожі і не заблудити у безкрайому океані, потрібна астрономія: треба точно знати широту і довготу тих місць, де проходить корабель. Тому Ломоносов проявляв особливий інтерес і винахідливість у створенні таких приладів, які допомагали б морякам якомога краще орієнтуватися в дорозі по зорях і з найбільшою точністю визначати час. Багато уваги приділяв він навчанню наших моряків, особливо штурманів, озброєнню їх необхідними в морській справі астрономічними знаннями. На допомогу морякам Ломоносов винайшов «ночезрительную трубу», в яку можна було спостерігати вночі за кораблями і скелями на морі. Тоді цей винахід не ввійшов у вжиток. І тільки в нашу епоху почали застосовувати «ночезрительные бинокли»: з їх допомогою можна стежити за рухом літаків і різними явищами на небі вночі.

Прагнучи озброїти астрономів кращим інструментом для проникнення в глибину Всесвіту, Ломоносов створив новий тип відбивного телескопа-рефлектора. У телескопів-рефлекторів, що їх тоді винайшов Ісаак Ньютон, було два дзеркала. Друге дзеркало, яке встановлювалося з нахилом, було призначено для зручнішого розглядання зображень, але яскравість зображень при цьому втрачалась. У телескопі Ломоносова було тільки одне дзеркало, встановлене з нахилом,— воно давало яскравіше зображення предмета, бо світло не втрачалось, як при відбиванні від другого дзеркала.

Можна сказати, що не було жодної хвилюючої загадки в науці про Всесвіт того часу, до розв'язання якої не брався б Ломоносов. Загадкою була в його час фізична природа Сонця. Далеко випереджаючи сучасну йому

науку, Ломоносов першим з учених розгадав, що поверхня Сонця є розбурханий вогненний океан, в якому навіть «каміння, як вода, кипить». Загадкою за часів Ломоносова була і природа комет. Ломоносов висловив сміливу думку, що хвости комет утворюються під дією електричних сил, що виходять від Сонця. Пізніше було з'ясовано, що в утворенні хвостів комет справді бере участь сонячне проміння.

В останні роки життя Ломоносов щільно підійшов до розв'язання таких питань, як визначення блиску зір за допомогою приладу, над винайденням якого він працював, і точне визначення віддалей до зір. У той час сила видимого блиску зір визначалась без спеціальних приладів, грубо наближено. Передові вчені вже знали, що віддалі до зір порівняно з віддаллю до Сонця і до інших планет непомірно великі, але точному визначенню вони не піддавались. Ломоносов був близький до розв'язання і цих питань, таких важливих для розкриття таємниць Всесвіту, але смерть не дала йому довести ці свої дослідження до кінця.



Астрономічний прилад Ломоносова.
(Рисунок М. В. Ломоносова).

До Ломоносова, в його часи і навіть задовго після нього астрономи вивчали тільки форму і рух небесних тіл. Ломоносов був одним з перших астрономів, які поставили собі завдання осягти справжню фізичну природу далеких небесних тіл — Сонця, планет, комет, безмежно далеких зір. Ніхто не дбав так, як Ломоносов, про практичне застосування астрономії. Михайло Васильович Ломоносов по справедливості вважається одним з найбільших астрономів свого часу і одним з попередників видатних російських астрономів — Струве, Бредіхіна, Белопольського та інших.

ВІЛЬЯМ ГЕРШЕЛЬ

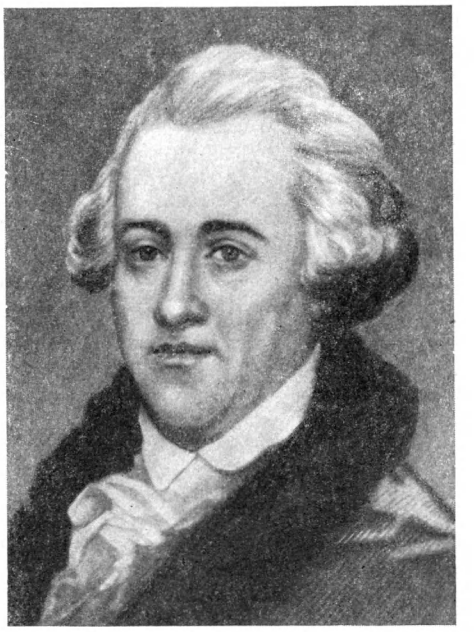
XVII ст. позначилось блискучими успіхами в астрономії, які зв'язані з відкриттями Галілея, Кеплера, Гюйгенса, Гевелія, Ньютона й інших видатних астрономів. Але й на рубежі XVII і XVIII ст. астрономія обмежувалась знаннями про сонячну систему. Про природу зір, про віддалі між ними, про їх розташування в просторі ще нічого не було відомо. Перші відкриття в цьому напрямі припадають на початок XVIII ст. Англійський астроном Е. Галлей (1656—1742) виявив власний рух спочатку у трьох зір, а потім його відкрили і в багатьох інших зір. Його співвітчизник — астроном Дж. Брадлей (1693—1762) хоч і зазнав невдачі, намагаючись точно виміряти віддалі до зір, але прийшов до правильного висновку, що від нас навіть найближчі зорі перебувають на віддалі не менш як десятки трильйонів кілометрів. У середині XVIII ст. і на початку другої його половини англієць Т. Райт (1711—1786) і німецькі вчені І. Кант (1724—1804) та Й. Ламберт (1728—1777) вперше висловили припущення, що Молочний Шлях — не випадкове скупчення зір, а цілісна система, в якій рухи зір відбуваються навколо спільного центра притягання (таким центром ніби є велетенське «центральне Сонце»). Усі ці догадки, сміливі і для свого часу цінні, підкріпити даними спостережень не вдавалось. Телескопи, які мали в своєму розпорядженні астрономи, були для цього ще надто слабкі.

Перші спроби глибше проникнути в таємницю будови зоряного Всесвіту, налагодивши пильне спостереження в якомога потужніші телескопи, зв'язані з ім'ям знаменитого астронома В. Гершеля (1738—1822).

Вільям Гершель народився і виріс у Ганновері (Німеччина) у сім'ї військового музиканта, і сам проявив неабиякі здібності в музиці. У 19-річному віці він переїхав до

Англії і тут здобув популярність як музикант-педагог. Але музика була тільки професією, а не головним його покликанням. Усе своє дозвілля Гершель віддавав на вивчення астрономії і тих наук, без яких не можна стати астрономом,— математики і фізики.

Проте це було тільки скромним початком у науковому розвитку Гершеля. Він виявив неабиякі здібності в конструюванні та виготовленні астрономічних інструментів і особливо телескопів-рефлекторів, для яких Гершель сам шліфував дзеркала, не маючи коштів купувати їх. Спершу він виготовив невеликий телескоп з трубою завдовжки лише 2,1 *м*. Потім Гершель виготовляв телескопи дедалі більших розмірів. Вершиною його досягнень був збудований в 1789 р. телескоп — гігант як на той час, з трубою завдовжки 12 *м* і дзеркалом діаметром 122 *см*. Цей телескоп лишався неперевершеним до 1845 р., коли ірландський астроном В. Парсонс (1800—1867) збудував ще більший телескоп — завдовжки майже 18 *м* і з дзеркалом діаметром 183 *см*.



Вільям Гершель.

Вже з 1775 р., користуючись значно меншими інструментами, Гершель почав проводити систематичні огляди неба. У 1781 р. він відкрив нове світило, яке спочатку помилково прийняв за комету. Але, як довів того ж року петербурзький астроном академік А. І. Лексель, це була нова планета — Уран. Пізніше Гершель відкрив два супутники Урана і два супутники Сатурна. Таким чином, з ім'ям Гершеля зв'язане відкриття кількох небесних тіл у сонячній системі. Але не в цьому головне значення його діяльності.

І до Гершеля було відомо кілька десятків подвійних зір. Але такі зоряні пари розглядались як випадкові зближення тих чи тих зір і не припускалось, що подвійні зорі дуже поширені у Всесвіті. Гершель пильно досліджував різні ділянки неба протягом багатьох років і відкрив понад 400 подвійних зір. Він дослідив віддалі між складовими (у кутових мірах), їх колір і видимий блиск. В окремих випадках виявлялося, що зорі, які раніше вважалися подвійними, насправді були потрійними і четверними (кратні зорі). Гершель прийшов до висновку, що подвійні і кратні зорі — це системи зір, які фізично зв'язані між собою і, як він упевнився, обертаються навколо спільного центра ваги, за законом всесвітнього тяжіння. Гершель був першим в історії науки астрономом, який систематично досліджував подвійні зорі.

З давніх-давен були відомі яскрава туманність у сузір'ї Оріона, а також туманність у сузір'ї Андромеди, які видно неозброєним оком. Але тільки у XVIII ст. в міру вдосконалювання телескопів було відкрито багато туманностей. Кант і Ламберт вважали, що туманності — це цілі зоряні системи, другі Молочні Шляхи, але від нас вони перебувають на колосальних віддалях і через те окремих зір розрізнити неможливо.

Гершель проробив величезну роботу, відкриваючи і вивчаючи нові туманності. Він використовував для цього дедалі більшу силу своїх телескопів. Досить сказати, що в каталоги, які він склав на основі своїх спостережень, занесено близько 2500 туманностей. Проте перед Гершелем стояло завдання не просто відшукати туманності, а й розкрити їх природу. В його потужні телескопи багато які туманності виразно поділялись на окремі зорі, і, таким чином, ставало ясно, що це далекі від сонячної системи зоряні скупчення. У деяких випадках виявлялось, що туманність є просто зоря, оточена туманним кільцем. Але інші туманності не розпадались на зорі навіть тоді, коли він дивився в найпотужніший —122-сантиметровий телескоп.

Спершу Гершель зробив висновок, що майже всі туманності в дійсності є скупчення зір і найдальші з них також розпадуться на зорі в майбутньому,— коли їх спостерігатимуть у ще потужніші телескопи. При цьому він допускав, що деякі з цих туманностей являють собою не взагалі скупчення в межах Молочного Шляху, а самостійні зоряні системи. Наступні дослідження примусили Гершеля

поглибити і доповнити свої погляди. Як виявилося, світ туманностей складніший і різноманітніший, ніж це раніше можна було припускати.

Продовжуючи невтомно спостерігати і розмірковувати, Гершель визнав, що багато які із спостережуваних туманностей взагалі не можна розкласти на зорі, бо вони складаються з далеко більш розрідженої речовини («світної рідини», як гадав Гершель), ніж зорі.

Таким чином, Гершель прийшов до висновку, що туманна речовина, як і зорі, дуже поширена у Всесвіті. Природно, виникало питання про роль цієї речовини у Всесвіті, про те, чи не є вона матеріалом, з якого виникли зорі. Ще в 1755 р. І. Кант висунув гіпотезу про утворення цілих зоряних систем з початкової розсіяної речовини. Гершель висловив сміливу думку, що різні види нерозкладних туманностей є різні стадії утворення зір. Внаслідок ущільнення туманності з неї поступово утворюється або ціле скупчення зір, або одна зоря, яка на початку свого існування ще оточена туманною оболонкою. Якщо Кант вважав, що всі зорі Молочного Шляху колись утворились одночасно, то Гершель уперше припустив, що зорі мають різний вік і утворюються безперервно; цей процес триває і в наш час.

Цю ідею Гершеля потім забули, і помилкова думка про одночасне походження всіх зір у далекому минулому довго панувала в науці. Тільки за останнє десятиріччя на основі величезних успіхів астрономії XX ст. і особливо праць радянських учених установлено, що зорі мають різний вік. Вивчено цілі класи зір, які безспірно існують небагато мільйонів років, на відміну від інших зір, вік яких визначається мільярдами років. Погляди Гершеля на природу туманностей в загальних рисах підтверджені сучасною наукою, яка встановила, що газові і пилові туманності були поширені в нашій і інших галактиках. Природа цих туманностей ще складніша, ніж це міг припускати Гершель.

Разом з тим Гершель і наприкінці життя був переконаний, що деякі туманності є далекими зоряними системами, які з часом будуть розкладені на окремі зорі. І в цьому він, так само як Кант і Ламберт, мав рацію.

Як вже зазначалось, у XVIII ст. було виявлено власний рух багатьох зір. Гершелю на основі розрахунків вдалося в 1783 р. переконливо довести, що й наша сонячна система рухається в напрямі до сузір'я Геркулеса.

Але головним своїм завданням Гершель вважав з'ясувати будову зоряної системи Молочного Шляху, або нашої Галактики, її форму та розміри. Над цим він працював кілька десятиріч. В його розпорядженні не було тоді даних ні про віддалі між зорями, ні про їх розміщення в просторі, ні про їх розміри та світність. Не маючи цих даних, Гершель припустив, що всі зорі мають однакову світність і розподілені в просторі рівномірно, так що віддалі між ними більш-менш однакові, а Сонце знаходиться біля центра системи. При цьому Гершель не знав явища поглинання світла в світовому просторі і вважав, крім того, що його телескопу-гіганту доступні і навіть найдальші зорі Молочного Шляху. За допомогою цього телескопа він провадив підрахунки зір у різних ділянках неба і намагався визначити, як далеко в тому чи іншому напрямі сягає наша зоряна система.

Але вихідні припущення Гершеля були помилкові. Ми знаємо тепер, що зорі мають різну світність і що поширені вони в Галактиці нерівномірно. Галактика така велика, що її межі не були доступні навіть телескопу-гіганту Гершеля. Тому він не міг прийти до правильного висновку про форму Галактики та про положення в ній Сонця, а її розміри він дуже применшив. Пізніше, у 40-х роках XIX ст., В. Я. Струве правильніше підійшов до розв'язання цих питань. Але Струве справедливо розцінив Гершеля як свого попередника, як першого астронома, який сміливо поставив перед собою таке складне завдання.

Гершель працював і над іншими питаннями астрономії. Між іншим, він розгадав складну природу сонячного випромінювання і зробив висновок, що до його складу входять світлові, теплові і хімічні промені (випромінювання, що не сприймається оком). Інакше кажучи, Гершель передбачив відкриття променів, що виходять за межі звичайного сонячного спектра, — інфрачервоних та ультрафіолетових.

Гершель почав свою наукову діяльність як скромний любитель, який мав змогу присвятити астрономії тільки своє дозвілля. Викладання музики довго залишалось для нього джерелом існування. Тільки в літньому віці він здобув матеріальні можливості, щоб цілком віддатись науці. Своє захоплення астрономією Гершель зумів передати своїм родичам і близьким. Його сестра Кароліна Гершель (1750—1848) багато допомагала йому в науко-

вих роботах. Вона сама вела спостереження неба і відкрила кілька комет. Його син Джон Гершель (1792—1871) був одним з найвидатніших англійських астрономів XIX ст. Його популярна книжка «Нариси астрономії» була перекладена російською мовою і відіграла велику роль у поширенні астрономічних знань у нашій країні.

П'ЄР СІМОН ЛАПЛАС

В історії науки про Всесвіт XVIII століття — це вік розвитку математичної астрономії. Закони Кеплера і закон всесвітнього тяжіння Ньютона, установлені ще в попередньому столітті, стали основою астрономії як науки. Стало непохитною істиною, що планети обертаються навколо Сонця і супутники планет рухаються приблизно по еліптичних орбітах, відповідно до закону всесвітнього тяжіння.

Проте астрономічні спостереження показували, що рух тіл сонячної системи — планет та їх супутників, у тому числі Місяця, супутника Землі,— насправді далеко складніший, ніж це мало б бути за законами Кеплера. Кожне тіло сонячної системи, обертаючись навколо свого центра притягання (яким є Сонце для планет, Земля для Місяця чи інша планета для своїх супутників), зазнає не тільки потужного притягання Сонця — володаря всієї системи, а й притягання всіх інших тіл тієї самої системи. Таким чином, у русі кожного з цих тіл виявляються «збурення»— відхилення від руху, який точно відповідає законам Кеплера.

Уже в першій і на початку другої половини XVIII ст. великі математики — російський академік, швейцарець з походження, Ейлер (1707—1783) і французи Клеро (1713—1765) та д'Аламбер (1717—1783)— розробили теорію складного руху Місяця. Саме вони дослідили рух деяких планет і створили нові способи обліку збурень. Таку саму роботу здійснив у другій половині століття великий французький математик Лагранж (1736—1813). Було необхідно поширити ці дослідження на сонячну систему в цілому і показати, що рухи всіх тіл цієї системи при дуже великій їх складності підлягають загальним закономірностям, в основі яких непохитно лежить закон тяжіння. Це завдання розв'язав великий французький математик і астроном П'єр Сімон Лаплас (1749—1827).

Лаплас народився в Нормандії — області на північному заході Франції. Він був сином селянина-фермера, і йому з великими труднощами вдалося здобути елементарну освіту. Але Лапласа неперебoрно тягло до точних наук; він самостійно вивчив математику, механіку, астрономію. Його наукові інтереси з самого початку зосередились на небесній механіці, яка мала пояснити всі спостережувані закономірності в рухах тіл сонячної системи. Вже перші праці юного Лапласа в цьому напрямі принесли йому популярність в ученому світі. Переїхавши до Парижа, Лаплас усе своє довге життя присвятив заняттям наукою у вибраному напрямі.

Вінцем наукової діяльності Лапласа була безсмертна його праця «Трактат про небесну механіку», яка вийшла в п'яти томах у 1798—1825 рр.

У цій праці, зв'язаній з якнайскладнішими математичними розрахунками, Лаплас показав, що, хоч які складні і, здавалося б, заплутані рухи тіл сонячної системи, хоч би які виявлялися в них відхилення у вигляді всіляких збурень, вони зв'язані єдиними і непорушними математичними закономірностями, що випливають з закону тяжіння Ньютона. Лаплас докладно дослідив збурення в рухах Місяця, Юпітера та Сатурна і дав їм наукове пояснення. Він показав, що сонячна система є дуже стійким утвором: з часу її виникнення рухи тіл, що входять до її складу, відбуваються лише з невеликими змінами, і так вони відбуватимуться й далі протягом мільйонів і мільярдів років. Немає в природі таких сил, які могли б зруйнувати сонячну систему і змінити закономірність рухів небесних тіл, що входять у неї, у тому числі і Землі.

Лаплас був не тільки великим дослідником-математиком, а й блискучим письменником-популяризатором. Усе те, що для його часу було відоме про будову сонячної системи, включаючи і його власні дослідження, він описав у популярній, широко відомій тоді книжці «Виклад системи світу», яку було видано в 1796 р. У цій праці Лаплас ви-

клав і свої погляди на походження сонячної системи.

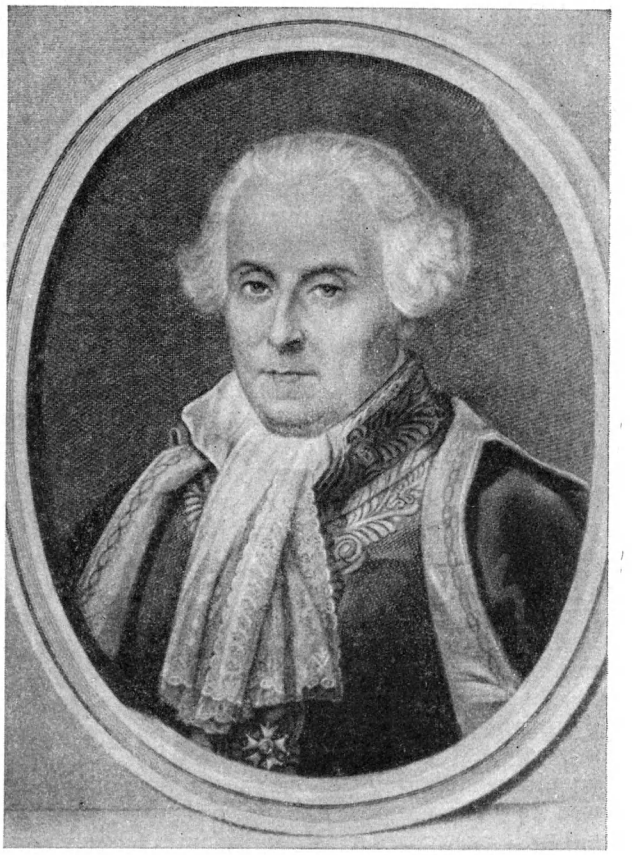
До середини XVIII ст. у науці панувала думка, що Земля і всі небесні тіла — словом, природа, з того часу як вона виникла, існує в раз і назавжди даному вигляді, без будь-яких змін. У середині століття великий російський учений М. В. Ломоносов і німецький учений І. Кант вперше чітко висловили думку про змінність природи. У Всесвіті немає нічого незмінного. Сонце, Земля, планети, усі інші небесні тіла колись виникли з якихось інших форм речовини і з того часу безперервно розвиваються і змінюються. І виникли вони мільйони, може багато мільярдів, років тому, а не кілька тисяч років тому, як про це твердили релігійні легенди.

Зокрема, Кант висловив гіпотезу утворення зір з навколишніми планетами і цілих зоряних систем з розсіяної матерії, яка колись заповнювала весь безконечний Всесвіт. Кант не був математиком і обгрунтувати свою гіпотезу будь-якими розрахунками не міг. Книжка, в якій викладались його погляди на будову Всесвіту, свого часу не була широко відома.

Лаплас, не знаючи про працю Канта, цілком самостійно розробив свою гіпотезу (з того часу вона називається космогонічною гіпотезою Лапласа). На відміну від Канта, Лаплас хотів з'ясувати походження не зоряних систем взагалі, а саме сонячної системи. Але оскільки Сонце — одна із зір, то він вважав, що походження і інших зір та планет, що їх оточують, таке саме.

За гіпотезою Лапласа, сонячна система утворилась з первинної туманності, яка складалась з розжареного газу і сягала далеко за межі орбіти найдальшої планети. Обертальний рух туманності, що охолоджувалася і стискалась, зумовлював її сплющування. В процесі цього сплющування виникала відцентрова сила, під дією якої від туманності по її краю відокремлювались кільця газової матерії, що зібралися потім у грудки і дали початок планетам та їх супутникам.

Лаплас ставив своїм завданням створити таку гіпотезу походження сонячної системи, яка пояснювала б усі явища та закономірності, які в ній спостерігаються. Для свого часу він блискуче розв'язав це завдання. Його гіпотеза була загальновизнаною в науці протягом століття. Під кінець XIX ст. гіпотеза Лапласа зайшла в суперечність з нововідкритими закономірностями в сонячній системі і втратила своє значення. Але основні думки Лапласа і Канта — про те, що зорі (в числі їх і Сонце) і планети походять з розсіяної матерії, що існує у Всесвіті у вигляді незліченних газових та пилових туманностей,— поділяються сучасною наукою.



П'єр Сімон Лаплас.

Лаплас був одним з найвидатніших учених свого часу. Він не замикався в затишку свого кабінету і в міру сил служив своїй батьківщині. У роки французької революції він брав активну участь у розробці метричної системи мір та в реформі народної освіти.

Лаплас був насамперед ученим-матеріалістом. Збереглася розповідь про те, що Наполеон, ознайомившись з працею Лапласа «Виклад системи світу», запитав у нього, чому в цій праці немає згадки про бога. Лаплас відповів, що він «не потребував цієї гіпотези». Тим самим Лаплас твердив, що всі явища в природі пояснюються законами самої природи і немає ніякої потреби притягати до пояснення їх якісь божественні сили.

ВАСИЛЬ ЯКОВИЧ СТРУВЕ І ПУЛКОВСЬКА ОБСЕРВАТОРІЯ

Сучасна передова наука досягла великих успіхів у вивченні глибин Всесвіту. Установлено, що наше Сонце входить у грандіозну зоряну систему — Галактику, яка складається із 150 млрд. зір, що Галактика — одна з незліченних зоряних систем у безконечному Всесвіті.

Наша Галактика, що має форму лінзи або сочевиці, така величезна, що світловий промінь проходить від одного її кінця до другого за багато десятків тисяч років. Віддалі до інших далеких галактик, які доступні сучасним астрономічним інструментам, становлять мільйони, десятки і сотні мільйонів світлових років. З кожним роком ширшають межі пізнаної нами частини Всесвіту. Ці успіхи науки є завоюванням останніх десятиліть; в їх досягненні радянським ученим належить провідна роль.

Але півтораста років тому астрономам не були ще відомі точні віддалі навіть до найближчих зір. Про будову нашої зоряної системи вчені ще майже нічого не знали, а припущення про існування інших зоряних систем, що їх висловлювали передові мислителі, були тільки геніальними догадками, підтвердити які наука була ще не в силі.

Наприкінці першої половини XIX ст. великий російський астроном Василь Якович Струве (1793—1864) зробив важливі відкриття, які відіграли визначну роль у розвитку знань про нашу зоряну систему.

Василь Якович народився в німецькому місті Альтона і провів у ньому свої .шкільні роки. П'ятнадцяти років він вступив до університету в Дерпті (тепер м. Тарту, Естонської РСР), і з цього часу все життя і діяльність Струве були цілком зв'язані з нашою країною, з нашою наукою, яку він збагатив своїми працями.

Батько і старший брат Василя Яковича були педагоги-мовознавці; під їх впливом і він спочатку вибрав собі цю саму спеціальність. Але потім його увагу цілком полонили точні науки і особливо астрономія.

Блискуча обдарованість Струве в поєднанні з рідкою наполегливістю та систематичністю в роботі допомогли йому дуже швидко опанувати нову для нього галузь знання. Працюючи на Дерптській університетській обсерваторії, Василь Якович навчився проводити точні астрономічні спостереження. У 1814 р. він вже видав свій перший астрономічний твір про точне визначення широти і довготи Дерптської обсерваторії, а незабаром став астрономом-єпостерігачем цієї обсерваторії. У 1818 р., у 25-річному віці, Струве став професором астрономії і директором Дерптської обсерваторії.

У той час обсерваторія була дуже погано устаткована, і Василь Якович почав свої роботи з найпростішими інструментами. Але завдяки його зусиллям на обсерваторії були встановлені найкращі інструменти, у тому числі рефрактор з об'єктивом 9 дюймів[1] — у той час найкращий у світі.

У Дерптській обсерваторії Струве провів справді велетенську роботу над дослідженням подвійних зір (див. стор. 412). У той час вивчення зоряних пар мало в астрономії особливо важливе значення. Вивчення рухів зір, що входять у пари, давало можливість визначити їх орбіти і встановити, що їх рухи по орбітах відбуваються за законом всесвітнього тяжіння. Це означало, що закон тяжіння діє не тільки в нашій сонячній системі, а й у далеких глибинах світового простору.

Дослідження Струве давало можливість також «зважити» зорі, що входять у пари, визначити їх маси. При цьому виявилось, що подвійних зір дуже багато.

Працюючи уперто і систематично, Василь Якович дослідив 120 000 зір і встановив «подвійність» близько 2500 з них. З величезною старанністю він вимірював кутові віддалі між зорями, що входять у пари, і визначав їх точне положення на небі. Вже це було величезним вкладом у науку. До Струве було відомо не більш як 500 подвійних зір, які відкрив і вивчив переважно видатний англійський астроном Вільям Гершель (див. стор. 469).

Свого часу Коперник вказав на величезні віддалі до зір, порівняно з якими мізерно малі розміри сонячної системи. Наприкінці першої половини XVIII ст. дослідження видатного англійського астронома Дж. Брадлея і німецького вченого Й. Ламберта привели до незаперечного висновку, що віддалі навіть до

[1] *Дюйм* дорівнює 2,5 *см*.

найближчих зір вимірюються десятками трильйонів кілометрів. Але спроби астрономів точно визначити ці віддалі не мали успіху. Нагромадивши величезний досвід точних спостережень, Василь Якович розв'язав задачу, яка до нього залишалась нерозв'язною: у 1837 р. він визначив віддаль до зорі Вега, поклавши цим початок точному визначенню зоряних віддалей.

Віддаль до Веги, за Струве, дорівнює 250 трильйонам *км*, або 26,5 світлового року (див. стор. 409), що приблизно в 90 000 раз перевищує віддаль від Сонця до Урана — найдальшої з відомих тоді планет. А величезна більшість зір знаходиться значно далі, ніж Вега. Робота Струве переконливо показала могутність науки і відкрила необмежені перспективи дальшого проникнення в глибину Всесвіту.

Услід за Струве видатний німецький астроном Бессель (1784—1846) виміряв віддаль до зорі 61 у сузір'ї Лебедя, а англійський астроном Гендерсон (1798—1844)— віддаль до зорі альфа Центавра. Як виявилося, ця зоря перебуває від нас ближче, ніж інші (4,3 світлового року). Так було покладено початок точним визначенням віддалей до зір.

Вже спостереження подвійних зір створили Василеві Яковичу славу визначного астронома. У 1832 р. його обрали академіком російської Академії наук, але він продовжував працювати в Дерпті, бо в Петербурзі тоді не було ще доброї обсерваторії.

Коли було прийнято рішення про спорудження великої обсерваторії в околицях Петербурга, Василя Яковича, як найвидатнішого російського астронома, було залучено до цієї справи. Він став організатором і керівником будівництва Пулковської обсерваторії, а потім її першим директором. Обсерваторія була відкрита в 1839 р. і устаткована кращими на той час інструментами. Струве розробив план роботи обсерваторії на багато років. Майже чверть століття він був її директором, під його керівництвом вона стала кращою з обсерваторій —«астрономічною столицею світу».

Кипуча організаторська робота не перешкодила Струве проводити наукові дослідження. У Пулкові він продовжував роботи, зв'язані з вивченням подвійних зір, і почав досліджувати будову нашої зоряної системи — Галактики. До Струве тільки Гершель працював над цим питанням. Він зробив перші припущення про форму та розміри Молочного Шляху, про розподіл у ньому зір та про положення

В. Я. Струве.

Сонця. Але ці припущення були ще дуже далекі від дійсності, а дослідження Струве мали дуже велике значення. Вивчаючи розподіл зір у Галактиці, Василь Якович зробив надзвичайно важливе відкриття: він установив, що зорі в Галактиці розташовані нерівномірно: чим далі від центра Галактики, тим більші віддалі між зорями. При цьому Сонце перебуває не поблизу центра Галактики, як гадали деякі вчені, а, навпаки, дуже далеко від нього.

Одночасно Струве вказав на існування в нашій зоряній системі хмар темної розсіяної речовини, через що гірше видно світло зір, які знаходяться за ними. Він зробив перші спроби визначити величину цього ослабленого світла. Наявністю міжзоряної речовини Василь Якович пояснював той факт, що до нас не доходить світло від безлічі слабких зір, розташованих у глибинах Галактики.

Протягом багатьох десятиліть після Струве астрономи обговорювали питання про існування поглинання світла (або «міжзоряного поглинання», як його назвали), і тільки в 1930 р. його існування було остаточно підтверджено.

Таким чином, майже сто років тому Василь Якович, випереджаючи свою епоху, глибоко і продумано розв'язав основні питання зоряної астрономії про розподіл зір у Галактиці та про міжзоряне поглинання світла.

Струве був не тільки неперевершеним дослідником неба. Як передовий учений і патріот він використав свої знання і організаторський талант для розв'язування дуже важливих практичних завдань, зв'язаних з картографією нашої країни.

Ще в 20-х роках минулого століття під керівництвом Василя Яковича було проведено вимірювання дуги земного меридіана в Прибалтиці, а в 1844—1852 рр. він керував грандіозним заходом — вимірюванням дуги меридіана на величезному просторі від Дунаю до Льодовитого океану, загальною протяжністю понад 2800 *км*. До участі в цій роботі він залучив кращих російських астрономів і геодезистів. Результати такої колективної роботи дали дуже цінні матеріали для складання точних карт Росії.

Струве був прекрасним педагогом. Ще на Дерптській обсерваторії під його керівництвом працювали молоді російські астрономи, відряджені до нього з різних університетів. Багато з них потім стали видатними вченими.

Пізніше, у Пулкові, Василь Якович був незмінним керівником співробітників обсерваторії і численних російських і іноземних астрономів, які приїжджали в Пулково для вдосконалювання своїх знань.

Усе життя Струве працював на користь науки і нашої батьківщини, і тільки тяжка хвороба примусила його в 1861 р. відмовитись від керівництва Пулковською обсерваторією.

Наукова діяльність Василя Яковича була надзвичайно плодотворна. Своїми дослідженнями подвійних зір і будови нашої Галактики він зробив величезний вплив на розвиток російської і світової астрономії. В історію науки він ввійшов як один з найвидатніших астрономів XIX ст.

Найкращим пам'ятником Струве є створена ним Пулковська обсерваторія. Її історія — одна з найяскравіших сторінок в історії астрономії XIX і XX ст.

Створена для розробки зоряної астрономії, обсерваторія внесла дуже цінний вклад в цю галузь науки. Складені її астрономами зоряні каталоги щодо своєї точності перевершили всі каталоги інших обсерваторій. У Пулковській обсерваторії не тільки завершила свою наукову освіту більшість видатних російських учених-астрономів. Її відвідували для переймання досвіду роботи найвизначніші астрономи Європи і Америки. Через те Пулковська обсерваторія дістала назву «астрономічної столиці світу».

Завдяки турботам В. Я. Струве обсерваторія з самого початку була устаткована першорядними інструментами. При відкритті обсерваторії на ній установили найбільший і найкращий в той час у світі телескоп-рефрактор з об'єктивом діаметром 38 *см*. З ним працював сам В. Я. Струве й інші астрономи.

Після В. Я. Струве Пулковською обсерваторією понад чверть століття керував його син, теж видатний астроном, О. В. Струве (1819—1905). За нього в програму обсерваторії ввійшли і астрофізичні дослідження. Було збудовано астрофізичну обсерваторію. Перед 80-ми роками 38-сантиметровий рефрактор вже перестав бути найбільшим у світі. Його перевершили деякі американські рефрактори. З ініціативи О. В. Струве було збудовано і встановлено в Пулкові новий, 76-сантиметровий рефрактор, який не мав тоді суперників. З цим чудовим інструментом, починаючи з 90-х років, працював А. А. Бєлопольський (стор. 487).

У 1890—1895 рр. обсерваторією керував Ф. О. Бредіхін (див. стор. 479). При ньому не тільки розширились астрофізичні дослідження, але було залучено в Пулково багато молодих російських учених, які стали потім визначними астрономами. Наступником Бредіхіна був О. А. Баклунд (1846—1916), відомий російський астроном, швед з походження. За нього обсерваторія продовжувала розвиватися далі, були засновані її відділення в Миколаєві та в Сімеїзі.

Але особливо розгорнулась діяльність обсерваторії в радянську епоху. На ній зросли нові кадри астрономів, були створені нові інструменти, виконувались надзвичайно важливі дослідження з усіх галузей астрономії.

Після нападу в 1941 р. фашистської Німеччини на Радянський Союз в результаті варварського артилерійського обстрілу всесвітньо відому Пулковську обсерваторію було цілком зруйновано. Але самої Пулковської гори, біля якої проходив рубіж оборони Ленінграда, ворогові не віддали. На початку 1944 р. біля Пулкова почався розгром німецько-фашистських військ під Ленінградом.

Комуністична партія і Радянський уряд поставили завдання відбудувати Пулковську обсерваторію як наукову установу світового значення. Це завдання було розв'язане в післявоєнні роки. Заново збудована за проектом видатного архітектора О. В. Щусєва, обсерваторія знов стала астрономічною столицею світу. Радянська оптико-механічна промисловість оснастила її потужними інструментами і апаратами нових, досконалих конструкцій для астрофізичних, радіоастрономічних і інших досліджень.

Урочисте відкриття відбудованої обсерваторії 21 травня 1954 р. було святом не тільки радянської, а й світової науки. Представники 17 держав прибули на торжество і вітали відроджене Пулково. Тепер на обсерваторії провадяться наукові дослідження з усіх галузей астрономії. Пулковська обсерваторія веде роботу в тісній співдружності з іншими радянськими й іноземними обсерваторіями, що сприяє зміцненню мирного творчого співробітництва вчених багатьох країн.

МАРІАН АЛЬБЕРТОВИЧ КОВАЛЬСЬКИЙ

Серед російських астрономів, що збагатили своїми працями науку про Всесвіт, визначне місце належить Маріану Альбертовичу Ковальському (1821—1884). До недавнього часу ім'я Ковальського було мало відоме широкому колу читачів. Тільки в радянську епоху встановлено першість Ковальського у розв'язанні питань, що мають велике значення в історії астрономії.

Маріан Альбертович, поляк з походження, був сином дрібного чиновника, ріс у скрутних матеріальних умовах і через те з великими труднощами зміг пробити собі шлях до освіти. Сильна воля, наполегливість у подоланні труднощів були відмітними рисами Ковальського. Ставши вченим, він сміливо вибирав найважчі питання науки й успішно розв'язував їх.

Ще студентом Петербурзького університету Маріан Альбертович зацікавився астрономією. Закінчивши в 1845 р. університет, він працював на Пулковській обсерваторії, удосконалюючись в астрономічних спостереженнях та обчисленнях під керівництвом знаменитого російського астронома В. Я. Струве (див. стор. 474). Коли в 1847 р. Російське географічне товариство, яке незадовго перед тим було створене, спорядило велику експедицію для дослідження Полярного Уралу, Ковальського на пропозицію Струве включили до складу цієї експедиції як астронома.

У той час — понад сто років тому — величезна територія Полярного Уралу була зовсім не досліджена. Шлях експедиції лежав через важкопрохідні гори та дрімучі ліси. До цієї експедиції на всьому Полярному Уралі були визначені координати тільки одного географічного пункту, а решта території була «білою плямою» на карті. Астроном експедиції мав виконати величезну роботу, зв'язану з визначенням довготи, широти і висоти над рівнем моря по змозі більшого числа географічних пунктів.

Саме тут і проявилась дивна працездатність Ковальського. Роблячи надзвичайно важкі переходи — пішки і на лижах, у сорокаградусні морози і під час навальних вітрів, він визначив координати близько 200 географічних пунктів, одночасно провадячи метеорологічні і магнітні спостереження.

У звіті про свою роботу в експедиції Маріан Альбертович розповів, яке задоволення від своєї праці має вчений, який сміливо йде до мети, перемагаючи перешкоди, інший раз «наперекір природі».

Так на самому початку діяльності Маріан Альбертович проявив себе і як талановитий астроном і як мандрівник-дослідник.

У 1850 р. Ковальського запросили на посаду професора астрономії в Казанський університет, де він залишався до самої смерті.

Маючи блискучі математичні здібності, Маріан Альбертович зосередив свою увагу на питаннях теоретичної астрономії, що вивчає рух небесних тіл під дією сили тяжіння.

У 1846 р. було відкрито нову планету — Нептун. Необхідно було достатньо точно

М. А. Ковальський під час Північно-Уральської експедиції.
(Гравюра Л. О. Кравченко).

визначити її орбіту, інакше нововідкрита планета могла скоро зникнути з поля зору астрономів, «загубитися» в небі. Це було дуже важке завдання, бо треба було не тільки визначити орбіту Нептуна, а й розробити теорію його руху на довгі роки вперед.

У своєму русі навколо Сонця Нептун, крім потужного сонячного притягання, зазнає ще притягання великих планет — Юпітера, Сатурна, Урана. Великі планети спричинюють неправильності, або, як прийнято говорити, збурення, у русі Нептуна, а це дуже утруднювало визначення його справжньої орбіти. Проте Маріан Альбертович виконав величезну обчислювальну роботу і створив теорію руху Нептуна.

Але особливе значення мали праці Ковальського, присвячені вивченню власних рухів зір. Ці дослідження привели його до надзвичайно важливих висновків про будову нашої зоряної системи — Галактики.

В. Я. Струве у 40-х роках минулого століття встановив, що зорі найближче одна до одної розташовані в площині Галактики, а в міру наближення до країв зоряної системи віддалі між зорями збільшуються.

Вивчивши рух зір, Ковальський висунув і обгрунтував теорію обертання всієї нашої зоряної системи навколо її центрального зоряного згущення. Він рішуче відкинув думку деяких астрономів про існування колосального «центрального сонця», яке одне своїм притяганням керує рухом усіх зір, подібно до того, як наше Сонце керує рухом планет і інших тіл сонячної системи.

Одночасно Маріан Альбертович прийшов до висновку, що Галактика далеко більша, ніж припускали астрономи в його час.

У цих працях Ковальський на багато десятиліть випередив свій час. Тільки в 1927 р. голландський учений Оорт остаточно встановив обертання Галактики. З'ясувалося, що немає «центрального сонця», яке керувало б рухом мільярдів зір у Галактиці. Є зорі-велетні, які в мільйони і навіть мільярди разів більші від Сонця за своїм об'ємом, але речовина в них надзвичайно розріджена, а значить, і силою притягання вони не так вже й дуже відрізняються від Сонця.

Багато праці поклав Маріан Альбертович на розробку нових методів астрономічних обчислень.

Визначення часу настання сонячних і місяцевих затемнень, їх тривалості та умов видимості завжди віднімало в астрономів багато часу, але рідко коли було достатньо точним. Ковальський розробив нові методи попереднього обчислення затемнень, на які йде далеко менше часу і які забезпечують потрібну точність.

Він розробив нові і досконаліші способи визначення орбіт подвійних зір, що давало можливість визначати маси цих зір (див. стор. 411).

Маріан Альбертович був не тільки видатним теоретиком, а й невтомним спостерігачем. На Казанській обсерваторії він багато років визначав точні положення зір вибраної ним для вивчення великої ділянки неба. Вже після його смерті було видано каталог визначених ним положень більш як 4200 зір.

Ковальський був не тільки вченим, а й прекрасним педагогом. Найважчі питання він викладав у своїх лекціях завжди просто і ясно. Це була на диво працьовита і цілеспрямована людина, що втілювала в собі всі кращі риси російських учених, які в тяжких умовах

царського кріпосницького режиму сміливо рухали науку вперед.

У ті роки, коли жив і працював Маріан Альбертович, у Росії не було ні товариств, що дбали б про поширення астрономічних знань, ні астрономічних журналів. Тому праці Ковальського, які друкувалися в спеціальних виданнях, були відомі тільки вченим-астрономам. І тільки тепер широкому колу радянських читачів стають відомими наукові досягнення Маріана Альбертовича Ковальського.

ФЕДІР ОЛЕКСАНДРОВИЧ БРЕДІХІН

З найдавніших часів люди спостерігали неозброєним оком не тільки Сонце, планети та найяскравіші зорі, а й комети.

Несподіваність появи комет з їх примхливими щодо форми хвостами порушувала звичні уявлення про «незмінний» стан неба і нагонила страх на забобонних людей, які вбачали в кометах передвісниць майбутніх злигоднів.

Передові вчені ще в старовину намагались пояснити появу комет і розгадати їх природу. Але справді наукове обгрунтування природи комет, пояснення походження кометних хвостів та примхливої різноманітності їх форм було дано тільки в другій половині XIX ст. завдяки працям видатного російського астронома Ф. О. Бредіхіна (1831—1904). Федір Олександрович — основоположник астрофізики в нашій країні. Він був не тільки видатним ученим, а й учителем багатьох російських астрономів.

Бредіхін народився в м. Миколаєві. Він походив з родини, яка дала нашій країні багато відважних моряків, і замолоду сам збирався присвятити себе службі на флоті. Але пізніше, будучи студентом Московського університету, Федір Олександрович серйозно зацікавився астрономією. Цей інтерес особливо посилився, коли він почав відвідувати Московську обсерваторію.

Закінчивши в 1855 р. університет, Бредіхін цілком присвятив себе астрономії. У 1857 р. він був вже викладачем, а з 1863 р.— професором астрономії Московського університету. Викладання астрономії в найстарішому російському університеті він поставив на дуже високий науковий рівень. Федір Олександрович був одним з тих передових російських учених, які не тільки розвивали науку, а й всіляко дбали про поширення наукових знань у народі. Бувши блискучим лектором, Бредіхін читав публічні лекції про досягнення астрономії. Ці лекції користувались великим успіхом. Крім того, Федір Олександрович писав популярні статті з астрономії в журналах.

У 60-х роках Бредіхін розпочав свої славнозвісні дослідження комет і продовжував їх до останніх днів життя.

І раніше було помічено, що хвости комет звичайно спрямовані в сторону, протилежну до Сонця. Звідси дехто з учених робив висновок, що речовина хвоста «відштовхується» від Сонця під дією якоїсь сили, протилежної до сили тяжіння. Цю силу почали називати відштовхувальною, але природа її залишалась для вчених загадковою.

Федір Олександрович на точних розрахунках показав, що в утворенні хвостів комет відштовхувальна сила, що виходить від Сонця, має вирішальне значення. За теорією, яку він розробив, хвіст комети утворюється при її наближенні до Сонця. Під дією сонячних променів центральна частина комети — ядро — нагрівається. На викинуті з ядра комети частинки матерії діє відштовхувальна сила. Якщо сонячне тяжіння притягує частинку речовини до Сонця, то тиск сонячних променів, що падають на цю частинку, відштовхує її від Сонця. При цьому для дуже малих частинок сила світлового тиску перевищує силу сонячного тяжіння. Викинуті частинки «відганяються» в сторону від Сонця, утворюючи хвіст комети, що витягується нерідко на мільйони, а іноді й на десятки і сотні мільйонів кілометрів.

У перші роки XX ст. великий російський фізик Петро Миколайович Лебедєв блискуче проведеними в лабораторії дослідами довів, що в світовому просторі, крім сили тяжіння, діє ще сила світлового тиску. Після того як підтвердилось існування тиску світла на тверді тіла та гази, світловий тиск було остаточно визнано тією силою, яка відіграє вирішальну роль в утворенні хвостів комет.

Ф. О. Бредіхін.
(Гравюра Л. Г. Ройтера).

Форми кометних хвостів різні: в одних комет вони майже прямі, у других дуже вигнуті. Дослідження Бредіхіна показали, що форма хвоста залежить від величини відштовхувальної сили. Федір Олександрович прийшов до висновку, що в комет утворюються хвости трьох типів.

До першого типу він відніс хвости, що утворюються під дією відштовхувальної сили, що в багато разів перевищує силу тяжіння,— ці хвости звичайно майже прямі. Дуже викривлені хвости утворюються при відштовхувальній силі, що приблизно дорівнює силі тяжіння або перевищує її не більш як у 2—2,5 раза. Це хвости другого типу. І, нарешті, хвости третього типу утворюються під дією відштовхувальної сили, значно меншої, ніж сила тяжіння. Через те вони не «біжать» від Сонця, а лише відхиляються в його сторону.

У своїй теорії Бредіхін зв'язував відмінність форм кометних хвостів також з відмінностями в їх хімічному складі. Федір Олександрович робив припущення, що чим легші частинки речовин, що утворюють хвіст, тим дужче діє на них відштовхувальна сила. Тому він вважав, що хвости першого типу складаються з найлегших газів, другого типу — з вуглеводнів і пари легких металів і, може, пилу, а в хвостах третього типу є важкі метали (у газоподібному стані) і, можливо, також пил. Пізніше дослідження спектрів комет загалом підтвердили ці припущення Федора Олександровича.

Невтомно працюючи над дослідженням комет, Федір Олександрович Бредіхін продовжував свою професорську діяльність в університеті. З 1873 по 1890 р., бувши директором Московської обсерваторії, він спрямовував діяльність обсерваторії по новому тоді шляху астрофізичних досліджень. Завдяки працям Бредіхіна та його найближчих учнів і співробітників — В. К. Цераського (див. стор. 483) та А. А. Бєлопольського (стор. 487), які стали видатними вченими,— Московська обсерваторія за ці роки здобула світову славу.

До числа основних наукових досягнень Бредіхіна увійшла і розроблена ним теорія утворення метеорних потоків. Ці потоки він розглядав як результат розпаду комет.

Федір Олександрович висунув також і гіпотезу походження періодичних комет (див. стор. 395). Він вважав, що вони утворюються внаслідок відокремлювання частин від комети-родоначальниці. Ця гіпотеза дала можливість пояснити існування так званих «сімейств комет», тобто груп комет, що мають дуже схожі між собою орбіти.

Бредіхін плодотворно працював і в інших галузях астрономії. Він організував і вів спектральні спостереження Сонця — тоді це було зовсім новою справою.

Багато років він провадив спостереження планети-гіганта Юпітера і загадкової червоної плями на його поверхні.

У 1890 р. Федора Олександровича було обрано академіком і призначено директором Пулковської обсерваторії. Бредіхін розширив коло астрофізичних досліджень, зміцнив кадри обсерваторії, залучивши талановитих молодих учених з різних російських університетів. Любов до молоді і віра в її творчі сили завжди були характерними рисами Бредіхіна. Він охоче доручав молодим ученим розробку відповідальних наукових тем, даючи їм можливість вийти на самостійний шлях дослідження. Всіляку допомогу він подавав і іншим вітчизняним обсерваторіям та окремим ученим.

У 1895 р. Федір Олександрович залишив

керівництво Пулковською обсерваторією. Але і в останні роки життя він продовжував працювати для науки. Над теорією кометних форм він працював до кінця життя. Дальший розвиток теорія Бредіхіна дістала за останнє десятиріччя в працях радянських учених, особливо С. В. Орлова.

Ці дослідження пролили світло на багато питань природи комет. С. В. Орлову вдалося встановити, що розміри і маси ядер комет дуже незначні (діаметри твердих ядер комет становлять сотні метрів або кілька кілометрів, а маси в мільярди і трильйони разів менші від маси Землі).

ОЛЕКСІЙ ПАВЛОВИЧ ГАНСЬКИЙ

Талановитий російський астроном Олексій Павлович Ганський (1870—1908) присвятив життя вивченню Сонця. Коли в 90-х роках минулого століття він почав дослідження, про Сонце не так багато було відомо. Сонячні плями, факели і протуберанці спостерігали вже давно, але природа їх не була з'ясована, а сонячна корона, яку буває видно лише в короткі хвилини повних затемнень, залишалась суцільною загадкою.

Олексій Павлович Ганський виріс в Одесі. Він учився в Одеському університеті, де в той час астрономію викладав проф. О. К. Кононович — передовий учений і прекрасний педагог.

Ясне небо Одеси і переважання сонячних днів створювали найсприятливіші умови для астрономічних спостережень. Але астрономічна обсерваторія Одеського університету була дуже бідна, бо царський уряд не давав грошей на придбання доброго обладнання. Працюючи в новій ще тоді галузі астрономії — астрофізиці — і маючи в своєму розпорядженні скромні інструменти обсерваторії, О. К. Кононович організував систематичне фотографування сонячних плям і протуберанців. До цих робіт він залучив свого учня —студента Ганського. Таким чином, ще в студентські роки майбутній учений включився в наукову роботу обсерваторії.

Уперто працюючи, Ганський до закінчення університету не тільки набув великих знань з астрономії, а й вибрав для досліджень важку галузь цієї науки — вивчення Сонця.

Після закінчення університету Олексій Павлович працював на Пулковській обсерваторії. Разом з іншими астрономами він взяв участь в експедиції на Нову Землю для спостереження повного сонячного затемнення в 1896 р. Тут він зробив прекрасні фотографії сонячної корони, що вдавалося далеко не всім. Пильно вивчивши ці знімки і зіставивши їх з даними спостережень сонячної корони за півстоліття, Олексій Павлович зробив велике відкриття. Він установив, що форма сонячної корони змінюється закономірно і періодично в зв'язку з кількістю плям на Сонці: коли на Сонці найбільше плям, то корону видно навколо всього сонячного диска, причому вона далеко яскравіша, ніж повний Місяць; коли плям менше, корона відступає від сонячних полюсів і блиск її дуже зменшується, і, нарешті, коли плям зовсім мало, корона дуже витягується уздовж сонячного екватора, нагадуючи крила метелика. У цей час блиск корони не перевищує блиску Місяця. На основі цих висновків Ганський завбачив форму корони для майбутніх затемнень, і його завбачення потім підтвердились.

З 1897 по 1905 р. Олексієві Павловичу довелося багато часу провести у Франції. У царській Росії не можна було й мріяти про одержання коштів на спорудження високогірної обсерваторії. Не дбали про такі обсерваторії і уряди західноєвропейських країн. Тільки французькому астрономові Жансену вдалося на приватні кошти збудувати обсерваторію на Монблані — найвищій горі в Західній Європі (4810 *м* над рівнем моря). Проте й ця обсерваторія не діяла: не було астронома, який, подолавши всі труднощі сходження на Монблан, наважився б працювати на висоті майже 5 *км*.

Ганський вирішив дослідити явища, які відбуваються на Сонці, у найбільш сприятливих для цього умовах — на великій висоті. Він дев'ять раз піднімався на вершину Монблану і провів там найважливіші наукові спостереження. У розрідженій атмосфері було важко дихати, але зате чисте, прозоре повітря полегшувало астрономічні спостереження.

Тут, на Монблані, серед снігового поля, Олексій Павлович ще під час перших своїх сходжень визначив так звану сонячну сталу. Це повна кількість енергії, яку дістає від

О. П. Ганський.
(Гравюра О. П. Журова).

Сонця один квадратний сантиметр поверхні на межі земної атмосфери.

На висоті вершини Монблану сонячну сталу можна було визначити, обминаючи поглинальну дію нижніх, найгустіших шарів атмосфери і враховуючи тільки поглинання променів верхніми, більш розрідженими шарами.

Після старанних спостережень Олексій Павлович вивів значення сонячної сталої. Ще довго після цього ніхто не міг знайти точнішого значення; тільки вже недавно з найновішою апаратурою (якої не було у Ганського) вчені установили, що сонячна стала дорівнює 1,94 малої калорії — трохи менше, ніж визначив Ганський.

Крім цього, Ганський з вершини Монблану спостерігав Венеру та Юпітер і вивчав різні небесні явища. Кожне його сходження на Монблан приносило нові успіхи науці.

Працюючи на Монблані, Олексій Павлович майже щороку приїжджав у Пулково і брав участь у працях пулковських астрономів. У 1905 р. він остаточно перейшов на Пулковську обсерваторію, де й продовжував дослідження Сонця.

Поверхня Сонця за своєю будовою неоднорідна: вона складається наче з окремих зерен, які називаються гранулами. За спостереженнями Ганського, гранули найбільш рухомі і мінливі явища на Сонці. При своїх величезних розмірах (іноді тисячі кілометрів у діаметрі) вони змінюються і зникають за кілька хвилин. По сонячному диску вони переміщаються із швидкістю 2 — 4 *км/сек* — далеко швидше, ніж плями. Очевидно, гранули є немов вершинами «стовпів» гарячих газових течій, що піднімаються з глибин Сонця.

Досліджуючи протуберанці — величезні фонтани розжареного газу, що високо здіймаються над поверхнею Сонця, — Олексій Павлович прийшов до думки, що форма сонячної корони може бути зв'язана з формою і напрямом протуберанців. При цьому він визначив швидкість, з якою речовина протуберанців вивергається з Сонця. Вона дорівнює приблизно 200 *км/сек*.

Працюючи в Пулкові, Ганський доводив потребу у великій астрофізичній обсерваторії на півдні Росії. З його ініціативи було засновано відділення Пулковської обсерваторії в Сімеїзі (у Криму). Олексій Павлович доклав багато зусиль, щоб його організувати, але не зміг довести справи до кінця. У повному розквіті творчих сил, у 38-річному віці, він утопився, купаючись біля Кримського узбережжя. Так обірвалось коротке, але яскраве життя вченого-новатора, який невтомно шукав нові шляхи в науці і не боявся ніяких труднощів. Йому не страшні були ні сходження на Монблан, ні снігові бурани на вершині цієї гори. З риском для життя він не раз піднімався на повітряній кулі спостерігати над хмарами «падаючі зорі». Свої спостереження — особливо під час затемнень — Олексій Павлович організовував так, щоб жодна секунда не пропадала марно для науки.

Можна собі уявити, скільки міг би дати Ганський, якби він дожив до радянської епохи, коли вченим надано всі можливості для наукової роботи. Але й те, що зробив Олексій Павлович, забезпечує йому почесне місце в історії вітчизняної науки, а заснована Ганським Сімеїзька обсерваторія (тепер Кримська астрофізична обсерваторія Академії наук СРСР) посідає почесне місце серед сучасних астрономічних обсерваторій.

ВІТОЛЬД КАРЛОВИЧ ЦЕРАСЬКИЙ

Вивчення блиску зір за допомогою старанних спостережень має велике значення в астрономії. Воно дає можливість судити про фізичну природу зір, їх світність, розміри та внутрішню будову.

У другій половині XIX ст. були застосовані точні методи для визначення блиску зір і широко розгорнулись планомірні дослідження в цій галузі. Одним з основоположників цього напряму в астрономії був видатний російський астроном Вітольд Карлович Цераський. Його наукова діяльність була цілком зв'язана з астрономічною обсерваторією Московського університету.

Вітольд Карлович народився в 1849 р. в м. Слуцьку (тепер Білоруська РСР). Уперше він зацікавився астрономією у 9-річному віці, коли загальну увагу привернула яскрава комета Донаті. З цього часу Вітольд Карлович почав читати книжки з астрономії, цікавитись математикою та фізикою і спостерігати небо в невелику трубу, яка була у фізичному кабінеті гімназії, де він учився.

Дитинство і юність Цераського проходили у важких умовах. Після ранньої смерті батька — учителя географії — сім'я залишилась без засобів до життя. Але ні матеріальні нестатки, ні хворобливість з дитинства не перешкодили Цераському стати вченим.

Закінчивши гімназію, він приїхав у Москву і вступив до університету на фізико-математичний факультет. Заробляючи на життя уроками, Вітольд Карлович з захопленням вчився в університеті. Через деякий час його запросили працювати обчислювачем на Московську обсерваторію, де він і оселився. Тоді обсерваторією завідував Швейцер — іноземець, великий учений, але який за довгі роки роботи в Росії так і не навчився російської мови.

Швейцер строго формально ставився до підлеглих. Він вимагав від Цераського, щоб той нічому не приділяв уваги, крім виконання своїх основних обов'язків. Вітольд Карлович, пристрасний любитель літератури та мистецтва, мусив ховати під матрац книжки, які не мали відношення до астрономії.

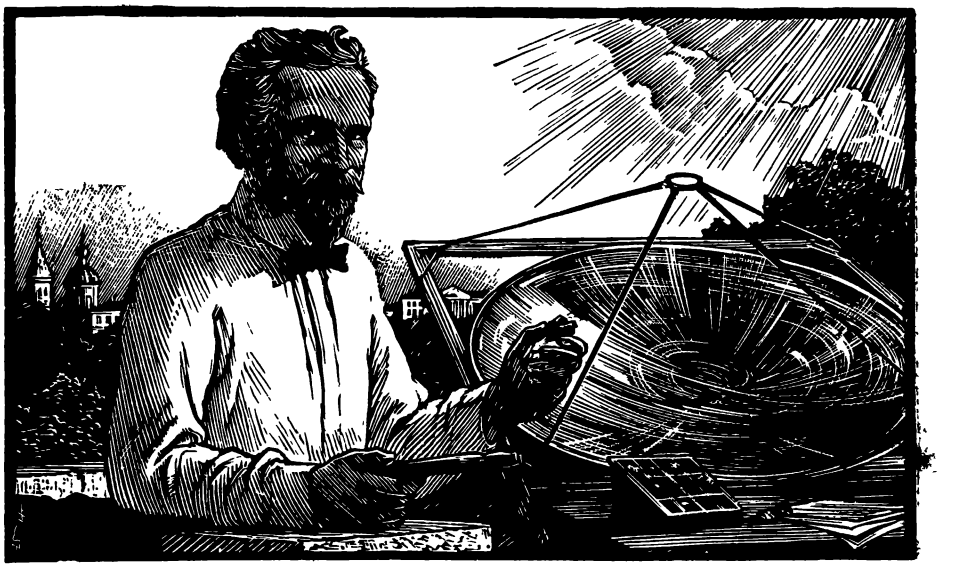
У 1873 р., після смерті Швейцера, обсерваторію очолив Ф. О. Бредіхін, який розумів, що для розкриття таємниць фізичної природи небесних тіл треба дослідити будову й хімічний склад зір та планет. По цьому шляху Бредіхін і спрямував роботу Московської обсерваторії.

Вітольд Карлович став його найближчим співробітником.

Вже тоді Цераський прийшов до думки, що дослідження блиску зір має величезне значення: воно може допомогти розібратись у фізичних властивостях зір.

Для цих робіт треба було мати прилади, які дали б змогу визначити блиск зір з найбільшою точністю.

Вітольд Карлович поставив перед собою завдання створити такі прилади. Він з величезною наполегливістю кілька років працював над усіма деталями приладу для визначення



В. К. Цераський в параболічним дзеркалом, яким він визначав температуру Сонця.
(Гравюра М. І. Калити).

блиску зір — фотометра, який запропонував німецький астроном Целльнер. Цей прилад дістав назву фотометра Целльнера—Цераського.

Багато десятиріч Цераський працював над визначенням блиску зір, вивчав зоряні скупчення та різноманітні туманності.

Поряд з фотометрією Вітольд Карлович величезного значення надавав астрономічній фотографії. Він завжди вважав, що фотографічна пластинка — найкращий реєстратор того, що відбувається на далеких небесних світилах. А головна властивість фотопластинки — її документальність.

Порівнюючи фотографії тих самих світил чи ділянок неба, зняті в різний час, можна зробити важливі висновки про зміну блиску зір, про рух зір або туманностей.

Ще молодим ученим Цераський успішно фотографував Сонце. Ставши професором, а з 1890 р. директором Московської обсерваторії, він широко поставив справу фотографування зоряного неба.

Вітольд Карлович застосував оригінальний метод для оцінки температури поверхні Сонця. Для цього він скористувався великим дзеркалом діаметром 1 *м*. У фокусі дзеркала Цераський вміщав зразки найбільш тугоплавких речовин: усі вони розплавлялись. Звідси Вітольд Карлович зробив висновок, що температура у фокусі дзеркала не менш як 3500°, а отже, температура поверхні Сонця має бути ще вищою.

Цераський порівняв блиск зір і Сонця. Виявилось, що Сонце дає нам світла в 100 млрд. раз більше, ніж зоря 1-ї величини (див. стор. 324).

Завдяки працям Бредіхіна і Цераського Московська обсерваторія стала відомою на весь світ. Але її було споруджено ще в 30-х роках XIX ст., через те її устаткування відставало від вимог науки. Величезної праці коштувало Вітольду Карловичу добитись, щоб царські чиновники відпустили кошти для обсерваторії.

Під керівництвом Цераського обсерваторію капітально перебудували і на ній установили нові інструменти та прилади, у тому числі і 15-дюймовий телескоп для фотографічних робіт.

Після цього ще більшого розмаху набрали на обсерваторії роботи, зв'язані з відшукуванням перемінних зір та вивченням змін їх блиску. Ці дослідження успішно провадила дружина Вітольда Карловича Лідія Петрівна Цераська (1855—1931), яка відкрила понад 200 перемінних зір.

Поглибленим вивченням цих зір займався учень Цераського, також видатний астроном, Сергій Миколайович Блажко (1870—1956), який понад 60 років пропрацював на Московській обсерваторії.

Вітольд Карлович був прекрасним педагогом і лектором. Багато видатних астрономів були його учнями. Він читав публічні лекції, писав блискучі популярні статті, в яких знайомив читачів з історією астрономії та її досягненнями.

Цераського цікавили всі галузі культури, він прекрасно знав історію, літературу, мистецтво.

У 1916 р. тяжка хвороба примусила Вітольда Карловича залишити університет та обсерваторію. Поправити здоров'я і повернутись до роботи йому не вдалось. Він помер у 1925 р.

У радянський час Московська обсерваторія виросла у велику наукову установу — Державний астрономічний інститут ім. П. К. Штернберга.

Основний склад співробітників цього інституту — учні учнів Цераського та їх учні.

На обсерваторіях створено багаті «скляні бібліотеки»— сховища фотознімків неба. Вони є цінним матеріалом для дослідження далеких просторів Всесвіту. Одна з найбагатших «скляних бібліотек» міститься при Інституті ім. П. К. Штернберга.

Початок цій бібліотеці дав Вітольд Карлович Цераський — видатний учений і вчитель багатьох поколінь російських астрономів.

ПАВЛО КАРЛОВИЧ ШТЕРНБЕРГ

Не всі читачі знають, що Павло Карлович Штернберг, ім'ям якого названо Астрономічний інститут Московського університету, був не тільки видатним астрономом, а й палким революціонером, активним учасником Великої Жовтневої соціалістичної революції.

Штернберг народився в 1865 р. в м. Орлі. Наполегливість і упертість у роботі, прагнення

кожну розпочату справу доводити до кінця були властиві йому з дитинства. Він рано зацікавився астрономією. Ще бувши гімназистом, Штернберг сам виготовив штатив для подарованої йому астрономічної труби, установив її на даху будинку, де жив, і регулярно спостерігав небо.

Закінчивши гімназію, Павло Карлович у 1883 р. вступив до Московського університету. Тут на фізико-математичному факультеті він став учнем Ф. О. Бредіхіна. У 1887 р., по закінченні університету, Штернберга запросили працювати на обсерваторію. Перший час він був звичайним співробітником обсерваторії і допомагав Бредіхіну в дослідженнях комет, а з 1890 р. Павло Карлович став астрономом-спостерігачем і одночасно почав викладати в університеті.

П. К. Штернберг.

Молодий учений брав активну участь в перебудові обсерваторії та розширенні її наукової роботи.

Для своїх наукових праць Павло Карлович завжди добирав теми, які вимагали особливо старанних спостережень та вимірювань. Його праці щодо точності виконання завжди були зразком для астрономів.

У 90-х роках XIX і на початку XX ст. Павло Карлович працював над точним визначенням широти Московської обсерваторії в зв'язку з рухом полюсів. Земні полюси не є нерухомими точками — вони переміщаються по земній поверхні. Хоч які незначні ці переміщення, що вимірюються небагатьма метрами, вони все ж спричинюють зміну широт різних місць на Землі.

Старанні дослідження Павла Карловича привели його до висновку, що рух полюсів має дуже складний характер, для повного з'ясування якого потрібні спостереження в обох півкулях Землі. Штернберг вказував і на можливий зв'язок між рухом полюсів і такими явищами в історії Землі, як льодовикові епохи і неодноразові наступи моря на сушу (трансгресії).

Багато уваги Павло Карлович приділяв визначенню сили тяжіння в різних місцях Європейської Росії. Ці роботи мають велике практичне значення: вони допомагають виявити поклади корисних копалин (наприклад, заліза чи інших металів).

У радянську епоху такі дослідження розгорнулись на території нашої країни у величезних масштабах. Але більш як півстоліття тому Павло Карлович був сміливим новатором у цій справі.

Багато часу віддавав Штернберг викладацькій роботі не тільки в університеті, а й у середній школі. Він умів жваво й захопливо передавати учням знання з математики та фізики. Коли в 1900 р. передові московські професори, незважаючи на перешкоди з боку властей, добилися дозволу відкрити в Москві Вищі жіночі курси з університетською програмою, Павло Карлович став професором астрономії на цих курсах.

Штернберг жив і працював у той час, коли робітничий клас Росії готувався до великої боротьби за повалення самодержавства та капіталізму, за краще майбутнє для всього людства.

Вивчаючи праці Маркса і Леніна, спостерігаючи у фабричному районі Пресні, у сусідстві з обсерваторією, життя та боротьбу робітників, Павло Карлович вирішив іти з партією Леніна, боротись за повалення капіталізму і встановлення соціалістичного ладу.

Штернбергу не довелося бути в Москві в дні Грудневого збройного повстання 1905 р. Він був у закордонному відрядженні і повернувся тільки на початку 1906 р., коли повстання було придушене, а царський уряд нещадно розправлявся з учасниками революції.

Незабаром після приїзду Павло Карлович включився у роботу більшовицької організації. Це був час, коли від революції відходили угодовці і нестійкі елементи, а партія згуртовувала свої лави, для того щоб організовано відступити після поразки й зібрати сили для підготовки переможної революції. Штернберг, залишаючись астрономом обсерваторії, виконував відповідальні секретні доручення партії. Йому, наприклад, доручено було зберегти зброю, яка залишилася після Грудневого повстання. Частина цієї зброї довго зберігалась на обсерваторії.

Свою революційну роботу Павло Карлович провадив в умовах якнайсуворішої конспірації; навіть його найближчі товариші по обсерваторії не догадувалися, що Штернберг — революціонер-більшовик.

Для підготовки збройного повстання потрібен був докладний план Москви з усіма її покрученими вулицями та завулками, проїздами і прохідними дворами. Такого плану Москви не мали і царські власті. Завдяки енергії і винахідливості Павла Карловича Московська організація більшовиків створила такий план на очах у влади і навіть з її допомогою. У наукових колах Москви добре знали, що Штернберг багато приділяв уваги дослідженням напруги сили тяжіння, тому нікого не здивувало, коли він поставив в університеті питання про необхідність одержати від московських властей дозвіл провадити такі дослідження із студентами на території самої Москви. Павло Карлович посилався на те, що спостереження на обсерваторії і педагогічна робота не дають йому можливості організувати експедицію за межі Москви.

Університет добився для Штернберга такого дозволу, і незабаром на вулицях Москви показались студенти з незвичними для очей жителів приладами. Усі, хто цікавився знати, що це за прилади і що з їх допомогою роблять, діставали роз'яснення, що вимірюється напруга сили тяжіння для того, щоб можна було встановити, чи немає під Москвою покладів заліза або інших металів. Поліції було запропоновано не перешкоджати роботам.

А насправді йшло знімання детального плану Москви, і учасники цієї одчайдушно сміливої справи в більшості своїй були не студенти, а переодягнені студентами робітники, яких Павло Карлович заздалегідь навчив користуватись геодезичними приладами. Зазняті плани районів Москви пильно зберігались і потім були використані під час Жовтневих боїв 1917 р.

Виконуючи партійні доручення, Павло Карлович не ослабляв наукової діяльності. Після перебудови Московської обсерваторії Штернберг одержав для роботи найбільший інструмент — 15-дюймовий астрограф. Він використав його для застосування фотографії до точних вимірювань в астрономії, поставивши завданням підмітити рух у просторі однієї з далеких туманностей.

Хоч які величезні небесні тіла, але, щоб виявити їх рух, потрібні якнайточніші вимірювання на фотографіях, старанно зазнятих у різний час. Павло Карлович і тут показав себе майстром незрівнянної точності. За цю роботу він здобув учений ступінь доктора і звання професора, а коли в 1916 р. директор обсерваторії В. К. Цераський через хворобу мусив залишити роботу, Павло Карлович замінив його.

У країні назрівали події всесвітньо-історичного значення. 12 березня 1917 р. було повалено царський уряд. У перші місяці після Лютневої революції Павло Карлович брав участь у легальній роботі Московської більшовицької організації. Він багато працював у справі організації Червоної Гвардії, яка відіграла важливу роль у Жовтневих боях.

Але легальна робота партії тривала недовго. У липні 1917 р. Тимчасовий уряд почав переслідувати партію більшовиків.

Після арешту багатьох діячів партії, розгрому партійних організацій і газет більшовики мусили піти в підпілля. VI з'їзд партії, що незабаром відбувся, взяв курс на підготовку збройного повстання для повалення влади капіталістів та поміщиків.

Разом з іншими членами партії Павло Карлович готувався до вирішальних революційних боїв. Але й в найбільш напружений час він не залишав наукової роботи. Повернувшись незадовго до революції до досліджень напруги сил тяжіння в Москві і Московській губернії, він організував спостереження в Нескучному саду (тепер територія Академії наук СРСР).

Павло Карлович брав якнайактивнішу участь у боях за перемогу пролетарської революції в Москві. Виділений Московським комітетом партії більшовиків бойовий партійний центр призначив Штернберга уповноваженим у Замоскворецький район Москви. Звідси мав початись обстріл Кремля, де перебував штаб контрреволюції.

Павло Карлович проявив тут якості справжнього більшовицького керівника. Маючи перед собою добре озброєного і досвідченого з воєнного погляду противника, він розумів, що успіх справи повинні вирішити сміливі наступальні дії. З ініціативи і під керівництвом Штернберга було здійснено артилерійський обстріл Кремля, що забезпечило можливість переможного штурму й остаточного розгрому білогвардійських військ, що засіли в Кремлі.

Після перемоги соціалістичної революції Павло Карлович деякий час був комісаром Московської губернії, а потім уряд поклав на нього важливе завдання перебудови системи вищої освіти. Університети й інші вищі

навчальні заклади, де до революції здобували освіту представники імущих класів, треба було зробити доступними для робітників і селян. Це була важка справа. Вона ускладнювалась ще й тим, що реакційна частина професури і буржуазне студентство всіляко протидіяли цьому.

З найближчою участю Павла Карловича було розроблено нове положення про вищу школу, яке широко відкривало двері людям з народу. У цій роботі Штернберга гаряче підтримував проф. К. А. Тімірязєв (див. том 4 «ДЕ»).

Наставали важкі дні в історії молодої Радянської республіки: усі сили контрреволюції, підтримувані іноземними імперіалістами, об'єднались у боротьбі проти влади Рад. Партія відрядила Штернберга на Східний фронт проти Колчака. Як член Реввійськради однієї з армій Східного фронту, а потім Реввійськради всього фронту Павло Карлович брав участь в організації перших перемог над арміями Колчака, а потім в остаточному їх розгромі. Будучи тяжко хворим, Штернберг залишався на фронті, поки його не примусили виїхати в Москву для лікування. Вилікувати Павла Карловича від тяжкого легеневого захворювання не вдалося. 1 лютого 1920 р. він помер.

Тімірязєв справедливо назвав Штернберга ученим-героєм. Радянські астрономи і весь радянський народ шанують пам'ять видатного вченого, більшовика Павла Карловича Штернберга.

АРІСТАРХ АПОЛЛОНОВИЧ БЄЛОПОЛЬСЬКИЙ

Промінь світла, що приходить до нас від далеких зір,— головне джерело наших знань про них. Розкладений призмою спектроскопа в різноколірну смужку, помережану темними лініями, він дає змогу робити важливі висновки про хімічний склад, фізичний стан та рух далеких небесних тіл, які навіть у найпотужніші телескопи видно тільки як світні точки.

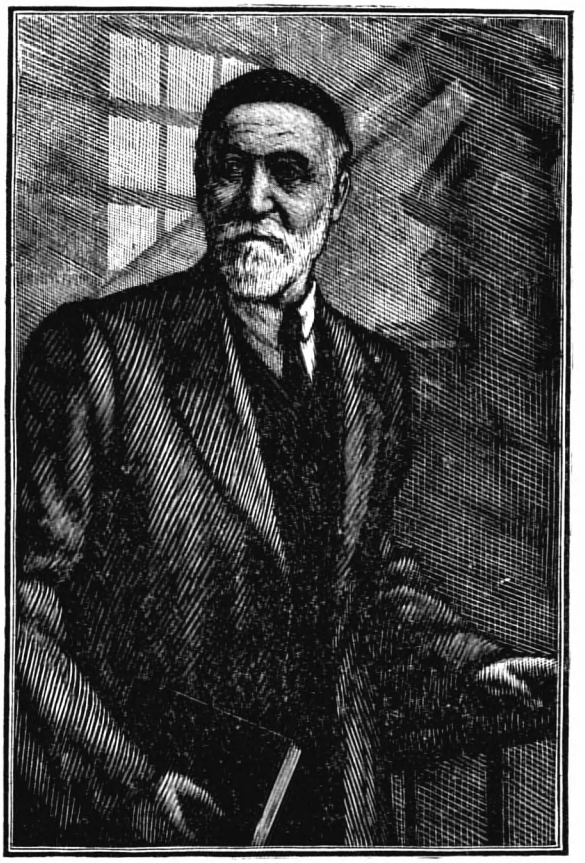
У цій дуже захопливій галузі астрономії особливе значення мають праці великого російського вченого Арістарха Аполлоновича Бєлопольського.

Бєлопольський народився в 1854 р.у Москві. Ще в дитинстві він захоплювався природою: його цікавили і зоряне небо, і камені на Землі, і тварини, і рослини. Він захоплювався також художньою літературою і музикою. Любов до книжок поєднувалася в нього з любов'ю до фізичної праці— він рано навчився конструювати і майструвати різні механізми.

По закінченні гімназії Арістарх Аполлонович вступив на фізико-математичний факультет Московського університету, де слухав лекції найвидатніших російських учених — Ф. О. Бредіхіна з астрономії та О. Г. Столєтова з фізики. Тоді він ще не думав про діяльність ученого. Він ставив перед собою завдання вивчити математичні науки, щоб стати інженером. Але саме захоплення технікою привело Арістарха Аполлоновича до астрономії. Бредіхін запросив його працювати механіком на обсерваторії. Опинившись у тісному колі з такими вченими, як Бредіхін і Цераський, молодий студент ще більше зацікавився астрономією і по закінченні університету став науковим працівником обсерваторії.

За одинадцять років роботи на Московській обсерваторії Арістарх Аполлонович став видатним ученим. Він вивчав різні питання, але найбільше праці в цей період він поклав на дослідження обертання Сонця. Зробивши численні фотографії переміщення плям на поверхні Сонця, Арістарх Аполлонович уточнив закон зміни швидкості обертання Сонця на різних широтах. Виявилось, що на сонячному екваторі обертання відбувається швидше, а в міру віддаляння від нього — повільніше. Було відомо, що тверде, однорідне тіло так обертатись не може. Тому Бєлопольський зробив висновок, що Сонце складається з газів різної густини і різної температури.

У 1888 р. Арістарх Аполлонович перейшов на Пулковську обсерваторію. Тут він працював безперервно сорок шість років — до кінця життя. У Пулкові він провадив



А. А. Бєлопольський.
(Гравюра Л. Г. Ройтера).

спектральні дослідження, які принесли йому світову славу.

Спектральний аналіз і фотографія прийшли на допомогу астрономії на початку другої половини XIX ст. Вони стали основою нової галузі астрономії — астрофізики. Її піонерами, що заклали основи вивчення фізичної природи небесних тіл, були видатні вчені: Хеггінс (1824—1910) і Лок'єр (1836—1920) в Англії, Жансен (1824—1907) у Франції, Секкі (1818—1878) в Італії, Фогель (1842—1907) у Німеччині, Бредіхін (1831—1904) у Росії. Бєлопольський був їх гідним продовжувачем і відкривачем нових шляхів у науці.

У поєднанні спектрального аналізу і фотографії Бєлопольський знайшов могутнього спільника. Одержавши в своє розпорядження величезний 76-сантиметровий Пулковський телескоп, Арістарх Аполлонович пристосував до нього сконструйований ним спектрограф — прилад для фотографування спектрів. Далі він старанно продумував і вдосконалював конструкції тих приладів і пристроїв, які використовував у роботі.

Ще до початку астрофізичних досліджень Арістарха Аполлоновича було відомо: якщо в спектрі будь-якого небесного тіла, наприклад далекої зорі, спостерігається зміщення спектральних ліній до фіолетового кінця, то зоря рухається в напрямі до нас; якщо, навпаки, помічено зміщення ліній до червоного кінця, то це значить, що зоря віддаляється від нас. Це явище називається принципом Допплера, за ім'ям австрійського фізика, який свого часу висловив це положення.

Принцип Допплера допоміг Бєлопольському виявити рухи багатьох небесних тіл у сторону наближення до нас або віддаляння від нас (так званий рух за променем зору). Йому ж належить заслуга застосування принципу Допплера для розв'язування найважливіших наукових питань. Особливе значення мали його дослідження перемінних зір типу цефеїд (див. стор. 411).

Перемінні зорі давно вже привертали до себе увагу астрономів. Причина зміни блиску у перемінних зір типу Алголя була вже відома (див. стор. 411—412). Ці зорі—спектрально-подвійні, тобто являють собою зоряні пари, де головна зоря і супутник або знаходяться так близько одне від одного, або так віддалені від нас, що в обох випадках ні в який телескоп їх подвійність виявити неможливо. При цьому головна зоря та її супутник періодично закривають одне одного, чим і зумовлюється зміна блиску, а в своєму русі по орбітах вони то наближаються до нас, то віддаляються від нас, чим і зумовлюється зміщення ліній спектра до фіолетового або до червоного кінця.

Бєлопольський відкрив, що блиск цефеїд змінюється відповідно до їх руху за променем зору. Цей рух виявляється по зміщенню ліній у спектрі. Отже, ці зорі то наближаються, то віддаляються від нас. Арістарх Аполлонович на початку припустив, що цефеїди — це спектрально-подвійні зорі, подібні до зір типу Алголя. Проте в наступних дослідженнях він з'ясував, що загадка цефеїд складніша і не може бути пояснена їх «подвійністю».

На основі досліджень Бєлопольського другий визначний російський учений — фізик М. О. Умов (1846—1915) — висловив думку, що цефеїди — не подвійні зорі, а одиночні, але розміри їх не сталі. Вони «пульсують»: періодично то розширяються, то стискуються

під дією внутрішніх фізичних причин. Коли зоря розширюється, її поверхня наближається до нас, внаслідок чого лінія спектра зміщується до фіолетового кінця. При стискуванні зорі відбувається зворотне явище. З розширеннями і стисканнями зорі зв'язані зміни її блиску й температури.

Користуючись принципом Допплера, Арістарх Аполлонович Бєлопольський розв'язував і інші задачі. Свого часу на основі математичних розрахунків учені припустили, що кільце Сатурна не може бути суцільним, а повинно складатися з безлічі дрібних тіл. Бєлопольський вирішив спектральними спостереженнями перевірити висновки математиків. Вимірявши зміщення ліній у спектрі частин кільця, що містяться ближче і далі від планети, він упевнився, що кільце обертається так, як може обертатися тільки тіло, що не має суцільної маси: близькі частини кільця обертаються швидше, дальші — повільніше. А це значить, що кільце складається з безлічі дрібних тіл.

Одночасно з Бєлопольським це відкриття зробили американський астроном Кілер і французький астроном Деландр.

Таким чином, застосовуючи принцип Допплера, Бєлопольський досяг визначних наукових успіхів. Але принцип Допплера відносно світлових коливань ще не був перевірений дослідами в лабораторії. Більшість учених взагалі вважала таку перевірку неможливою: зміщення спектральних ліній небесних тіл зумовлюється їх рухом з величезними швидкостями, які неможливо відтворити в лабораторії. Здавалось, що нічого було й мріяти про дослідну перевірку. Але без неї в багатьох учених виникав сумнів, чи можна по зміщенню ліній у спектрі робити висновки про наближення чи віддаляння від нас небесних тіл.

Арістарх Аполлонович Бєлопольський поєднував у собі глибокого теоретика і вмілого винахідника та конструктора. Це й допомогло йому провести досліди, які остаточно підтвердили принцип Допплера, а значить, і правильність добутих з його допомогою астрономічних висновків.

Він збудував прилад, в якому промінь сонячного світла після багаторазового відбивання від кількох дзеркал, що обертаються назустріч одне одному, надходив у щілину спектрографа, а звідти на фотографічну пластинку. Відбивання світла від рухомих дзеркал повинно було дати той самий ефект — в розумінні зміщування ліній спектра, — як коли б переміщувалось саме джерело світла (у даному випадку Сонце). Так само і вийшло, і принцип Допплера був підтверджений дослідом.

Багато праць Арістарха Аполлоновича присвячено спектральним дослідженням нових зір, які спалахували наприкінці XIX і в першій чверті XX ст., визначенню часу обертання Юпітера і Венери, вивченню комет і іншим питанням.

У Пулкові Бєлопольський до останніх днів продовжував розпочаті ще в Москві дослідження обертання Сонця. Арістарх Аполлонович за допомогою спектрографа і на основі принципу Допплера визначив наближання і віддаляння окремих точок сонячної поверхні. Цим він підтвердив свої попередні висновки про сповільнення обертання Сонця від екватора до полюсів (поблизу полюсів період обертання Сонця доходить до 34 діб, тоді як на екваторі він становить лише 25 діб) і підмітив також, що обертання Сонця взагалі з часом трохи сповільнюється.

Усіх друкованих наукових праць Бєлопольського понад двісті сімдесят.

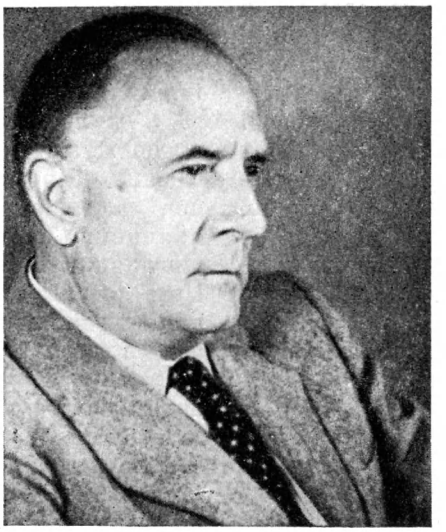
У 1900 р. Арістарха Аполлоновича було обрано академіком. З 1917 по 1919 рр. він був директором Пулковської обсерваторії. Коли сталась Велика Жовтнева революція, він був вже у похилому віці. Та незважаючи на це, він з юнацькою енергією взяв участь у створенні радянської науки. Майже в 80-річному віці Бєлопольський невтомно працював у складі експедиції, яка вибирала місце під велику астрофізичну обсерваторію на півдні нашої країни. Помер Бєлопольський у 1934 р.

Усе своє життя Арістарх Аполлонович провів у напруженій праці. Він сам створював інструменти, з якими працював. Кілька поколінь астрономів училось у Бєлопольського.

Арістарх Аполлонович належав до числа передових учених-матеріалістів, які вважали, що в природі немає нерозв'язних задач, і сміливо шукали і знаходили нові шляхи для проникнення в далекі глибини Всесвіту.

ЕДВІН ХАББЛ

Висловлені на початку другої половини XVIII ст. Кантом і Ламбертом припущення, що Молочний Шлях — одна з незліченних зоряних систем у безконечному Всесвіті, були свого часу тільки сміливими догадками. Підтвердити їх правильність було неможливо. Наука не мала ще ніяких відомостей про форму та розміри самого Молочного Шляху. Проте передові вчені кінця XVIII і першої половини XIX ст. поділяли думки Канта і Ламберта, хоч і не могли підкріпити їх ніякими доведеннями.



Едвін Хаббл.

Вивчення Молочного Шляху далеко просунулося вперед завдяки працям Гершеля та В. Я. Струве. Ірландський астроном В. Парсонс за допомогою свого гігантського телескопа виявив у середині XIX ст., що багато туманностей, які не розкладаються на окремі зорі, мають спіральну форму. А після відкриття спектрального аналізу і застосування його до вивчення небесних тіл виявилось, що в багатьох туманностей, особливо у спіральних, спектр не відрізняється від звичайного спектра зір.

Цим нібито підтверджувалось, що такі туманності, які відкривали в дедалі більшій кількості, можуть бути далекими зоряними системами. Проте в другій половині XIX ст. більшість учених не поділяла думки про велику кількість зоряних систем і вважала, що Молочний Шлях — єдина зоряна система у Всесвіті, а самий Всесвіт має скінченні розміри.

Але на початку XX ст. нові відкриття примусили вчених дужче зацікавитись питанням про природу спіральних і інших «нерозкладних» туманностей. У деяких з них (зокрема, у туманності в сузір'ї Андромеди) були помічені нові зажеврілі зорі. Коли вдалося за допомогою спектрального аналізу виміряти швидкості руху деяких туманностей, то виявилося, що ці швидкості величезні — дорівнюють тисячам кілометрів за секунду. Водночас усі спроби виміряти безпосередньо переміщення туманностей на фоні неба лишились марними. А це означало, що вони перебувають на віддалях, які в багато разів перевищують віддалі до найдальших зір Молочного Шляху.

Проте скільки-небудь точно визначити ці віддалі довго не вдавалось. У 1920 р. шведський астроном Лундмарк показав, що віддаль до туманності в Андромеді становить не менш як 650 000 світлових років. Того ж року американський астроном Кертіс навів важливі доводи на користь того, що спіральні туманності — зоряні системи, до яких від нас сотні тисяч, мільйони і десятки мільйонів світлових років. Проте багато астрономів заперечувало проти висновків Лундмарка та Кертіса, усе ще вважаючи, що спіральні туманності належать до нашої зоряної системи, а самі зоряними системами не є.

У 1924 р. весь світ облетіла звістка, що американський астроном Едвін Хаббл, скориставшись новим велетенським телескопом обсерваторії Маунт-Вільсон (у Каліфорнії) із дзеркалом 250 *см* у діаметрі остаточно довів, що туманність в Андромеді і деякі інші туманності мають зоряну будову і перебувають далеко за межами Молочного Шляху.

Таким чином, уперше було доведено, що Молочний Шлях, або наша Галактика,— не єдина зоряна система у Всесвіті. В історії астрономії почалась нова епоха — епоха відкривання і вивчення інших зоряних систем та дослідження безмежних просторів Всесвіту. Початок цієї епохи і багато її наступних досягнень зв'язано з ім'ям Едвіна Хаббла.

Хаббл народився в 1889 р. у штаті Міссурі. Він вчився в Чікагському університеті, а потім продовжував свою освіту в Оксфордському університеті в Англії. У 1914 р. Хаббл повернувся до Чікаго і став асистентом Єркської обсерваторії (поблизу Чікаго), в якій установлено найбільший у світі рефрактор з

об'єктивом 102 *см*. Проте успішно розпочата наукова робота Хаббла була перервана призовом до армії в зв'язку з участю США у першій світовій війні. Повернувшись з західноєвропейського фронту, Хаббл став астрономом обсерваторії Маунт-Вільсон — однієї з найбільших астрофізичних обсерваторій світу.

Вже перші свої праці Хаббл присвятив фотографічному вивченню слабких туманностей. У цих працях Хаббл стверджував зоряну природу спіральних туманностей. Він назвав їх позагалактичними туманностями, тобто такими, що перебувають за межами нашої Галактики.

У 1924 р. Хаббл зробив відкриття, яке принесло йому світову славу. Суть його полягала в тому, що на фотографіях, які він добув, користуючись 250-сантиметровим рефлектором, крайні (менш яскраві) ділянки трьох туманностей — в Андромеді, у Трикутнику і ще одній, позначеній в каталогу номером 6822,— виразно розкладались на зорі. Дослідження фотографій показало, що серед їх зір є багато перемінних — цефеїд (див. стор. 411). Це мало величезне значення.

Ще наприкінці XIX ст. видатний американський астроном Е. Пікерінг (1846—1919) розпочав на обсерваторії Гарвардського університету широкі дослідження перемінних зір. У 1908 р. співробітниця Пікерінга Лівітт (1868—1921) відкрила важливу особливість перемінних зір — цефеїд: чим більший період зміни блиску у цефеїд, тим більша їх світність, тобто їх справжня сила світла. Це значить, що коли із спостереження тієї чи іншої цефеїди встановлено величину періоду зміни її блиску, то за певною формулою обчислюється і її сила світла порівняно з Сонцем. А після цього вже легко розрахувати, на якій віддалі від нас повинна бути ця цефеїда, якщо вона при встановленій її світності здається з Землі зорею даної видимої зоряної величини. Оскільки цефеїди є зорями величезної світності (усі вони гіганти або надгіганти), то їх в першу чергу виявили астрономи в позагалактичних туманностях, зоряну будову яких відкрив Хаббл.

Таким способом Хаббл визначив віддаль до досліджених ним позагалактичних туманностей. Віддаль до туманності в Андромеді за його обчисленнями дорівнює щось із мільйон світлових років.

Приблизно така сама віддаль до туманності в Трикутнику. Віддалі туманностей від нас у десятки разів перевищили розміри нашої зоряної системи —Молочного Шляху.

Але це було тільки початком. У наступні роки Хаббл дослідив безліч позагалактичних туманностей, яким тепер було дано назву галактик, зважаючи на їх рівноправність з нашою Галактикою, назва якої пишеться з великої літери. Виявилось, що далеко не всі вони мають спіральну форму. У багатьох з них форма еліптична, деякі мають неправильну форму. Такі, між іншим, Магелланові Хмари (Велика і Мала) — величезні скупчення зір, які видно неозброєним оком у південній півкулі неба.

Хаббл склав докладну класифікацію галактик, виходячи з їх форми та інших особливостей.

Протягом наступних років завдяки працям Хаббла і інших астрономів, особливо Харлоу Шаплі та Вальтера Бааде, швидко ширшали межі вивченої частини Всесвіту. За допомогою фотографії (на пластинках) було відкрито мільйони галактик, які перебувають ще на дедалі більших відстанях.

Було виявлено скупчення і цілі «хмари» галактик.

У 1941 р. роботи Хаббла були перервані другою світовою війною, коли його було залучено до участі у воєнно-технічних заходах. Після війни він відновив свої дослідження на обсерваторії Маунт-Вільсон і одночасно взяв діяльну участь у проектуванні нової обсерваторії на горі Паломар з найбільшим у світі рефлектором (із дзеркалом діаметром 508 *см*), який установлено на цій обсерваторії в післявоєнні роки.

Хаббл помер у 1953 р. Він був одним з найвидатніших і найталановитіших астрономів нашої епохи і піонером вивчення далеких зоряних систем, схожих на систему нашого Молочного Шляху.

Наш час — епоха безперервного і надзвичайно швидкого поширення знань про Всесвіт і проникання в дальші його глибини за допомогою не тільки спектрального аналізу та фотографії, а й нового потужного знаряддя — р а д і о д о с л і д ж е н ь.

Відкриття радіохвиль стало основою для розвитку нової галузі астрономії — радіоастрономії. Про неї можна прочитати на стор. 425.

За останні роки зроблено відкриття, які уточнили наші уявлення про віддалі до галактик та про їх розміри, а тим самим і про масштаби тієї частини Всесвіту, яка доступна для вивчення за допомогою сучасних телескопів. Так, за останнім визначенням, віддаль до га-

лактики в Андромеді дорівнює 2 300 000 світлових років. Це один з гігантів світу галактик, в якому наша зоряна система не посідає першого місця, хоч вона й дуже велика система.

У 1953 р. було встановлено, що наша зоряна система і безліч інших утворюють систему більш високого порядку. Її центром є скупчення галактик у сузір'ї Діви. Це надскупчення галактик — одне з багатьох.

Є всі підстави вважати, що всі відомі тепер надскупчення галактик входять до складу ще грандіознішої космічної системи — Метагалактики, до меж якої ми ще не дійшли.

Ми можемо пишатись, що в розв'язанні основних питань сучасної астрономії величезне значення мають праці радянських астрономів. Але водночас ми поважаємо і праці видатних астрономів інших країн, які разом з нашими вченими з'ясовують будову і розвиток Всесвіту. Одним з таких видатних астрономів XX ст. був Едвін Хаббл.

ГРИГОРІЙ АБРАМОВИЧ ШАЙН

Життя Григорія Абрамовича Шайна (1892—1956) — видатного радянського вченого, одного з найбільших астрофізиків нашої епохи — дуже яскравий приклад невтомної творчої наукової праці, увінчаної важливими й плодотворними досягненнями.

Г. А. Шайн народився і виріс в Одесі. Він був сином бідного ремісника. З ранніх років, цікавлячись різними галузями науки і мистецтва, Григорій Абрамович з великими труднощами прокладав собі шлях до освіти. Через матеріальну незабезпеченість сім'ї майбутній учений не мав можливості вчитися в гімназії і він вчився самостійно. У 19-річному віці Шайн склав екстерном екзамен за повний курс гімназії. Але ще до цього він почав успішно опановувати свою любиму астрономію. Прагнучи глибше осягнути цю науку, Григорій Абрамович з надзвичайною наполегливістю вивчав математику і фізику. Вже тоді він з особливим захопленням провадив спостереження неба з даху будинку за допомогою найпростіших астрономічних приладів. Шайн познайомився з астрономами Одеської університетської обсерваторії, і його допустили до роботи на обсерваторії. На час складання екзаменів за середню школу Григорій Абрамович мав вже друковану працю — дослідження орбіти одного з метеорних потоків.

Г. А. Шайн.

З 1912 р. Г. А. Шайн вчився в Юр'ївському університеті (тепер м. Тарту в Естонській РСР). Потім, вже остаточно спеціалізувавшись з астрономії, він працював асистентом професорів астрономії в Пермському і Томському університетах. З 1921 р. Григорій Абрамович став астрономом Пулковської обсерваторії, а з 1923 р. працював в її південному — Сімеїзькому — відділенні.

У ці роки визначився основний напрям наступних праць Г. А. Шайна. Григорій Абрамович поставив завданням свого життя дослідження фізичної природи зір, туманностей і будови зоряних систем. Він досконало опанував методи спектрального аналізу і фотографії небесних тіл; його вчителем був А. А. Бєлопольський (див. стор. 487).

У 1924 р. на Сімеїзькій обсерваторії встановили рефлектор із дзеркалом 102 *см*, який довго залишався одним з найбільших в Європі. Григорій Абрамович керував установленням цього рефлек-

тора і одержав його в своє розпорядження. Він використав цей потужний інструмент для спектральних досліджень зір. Разом з другим сімеїзьким астрономом —В. О. Альбіцьким (1891—1952) Шайн визначив променеві швидкості багатьох зір.

Свого часу ще Галілей, спостерігаючи в мініатюрний телескоп переміщення плям на диску Сонця, зробив правильний висновок, що Сонце обертається навколо своєї осі, чим і пояснюється явище переміщення плям. Але Сонце — одна з незліченних зір. Отже, і зорі повинні обертатись. Але навіть і в найбільші сучасні телескопи зорі здаються світними крапками. Нічого було й думати про можливість побачити на зорях будь-які деталі, подібні до сонячних плям, по переміщенню яких можна було б установити обертання зір. Його можна було б установити тільки за допомогою якнайтонкіших спектральних досліджень, що грунтуються на застосуванні принципу Допплера (див. стор. 488). Такі дослідження і виконав Григорій Абрамович одночасно і в контакті з видатним астрономом О. Л. Струве (правнуком В. Я. Струве), який працює у США. Було не тільки встановлено, що зорі обертаються, а й виміряно швидкість цього обертання. При цьому виявилось, що найгарячіші зорі обертаються із швидкістю, що дорівнює сотням кілометрів за секунду на їх екваторах, тоді як швидкість обертання Сонця на його екваторі становить тільки 2 *км/сек*.

Відкриття обертання зір і дослідження їх променевих швидкостей поряд з іншими працями, які було виконано в ті самі роки, створили Григорію Абрамовичу широку популярність серед астрономів усіх країн. У 1939 р. його було обрано академіком, а потім членом найстарішого в світі Лондонського астрономічного товариства.

Роботу Г. А. Шайна в Сімеїзі перервала Велика Вітчизняна війна 1941 — 1945 рр. Зайнявши Крим, німецько-фашистські загарбники зруйнували Сімеїзьку обсерваторію. Її 102-сантиметровий рефлектор не вдалось евакуювати, і він потрапив до рук ворогів, які вивезли його до Німеччини і довели до цілковитої непридатності.

У грізні роки війни, незважаючи на всі трудності, Григорій Абрамович продовжив свої дослідження в Абастумані, на обсерваторії Академії наук Грузинської РСР. Зразу ж після визволення Криму Г. А. Шайн і інші астрономи повернулися в Сімеїз.

Радянський уряд і Академія наук СРСР постановили не тільки відбудувати Сімеїзьку обсерваторію, а й спорудити поблизу, у селі Партизанському, нову велику обсерваторію, з тим щоб обидві обсерваторії об'єднати в одну наукову установу — Кримську астрофізичну обсерваторію Академії наук СРСР, найбільшу в країні і одну з найбільших у світі. Академіка Г. А. Шайна було призначено директором нової обсерваторії, і йому випало надзвичайно важке завдання керувати будівництвом обсерваторії і обладнати її першокласними інструментами і приладами. Григорій Абрамович з надзвичайною енергією розв'язував це завдання.

У ці ж післявоєнні роки, як тільки знов були встановлені на обсерваторії перші інструменти, Григорій Абрамович продовжував свою дослідницьку роботу.

Перед радянською і світовою наукою виникло дуже важливе завдання — з'ясувати питання про походження та розвиток зір і зоряних систем.

У першій половині XX ст. вивчення зір розкрило велику різноманітність зоряного світу. Було відкрито, що зорі за їх розмірами та силою світла поділяються на гіганти і карлики; астрономи уточнили відмінності зір за особливостями їх спектрів, зібрали багато даних про маси та температури зір, про їх рухи та про розподіл їх у просторі. Усе це привело астрономів до висновку, що теперішні зорі мають різний вік: вони не виникли одночасно. Зорі виникають і тепер.

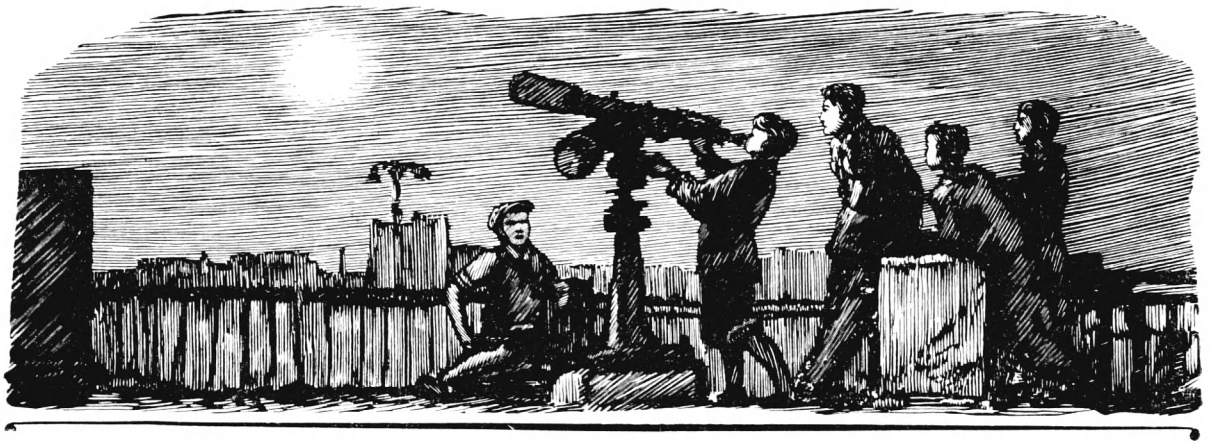
Але з чого виникають зорі? Очевидно, з інших форм речовини, які є в нашій і інших зоряних системах, і до того ж в такій кількості, щоб бути матеріалом для утворювання зір. Такою формою речовини можуть бути газові та газово-пилові туманності. У нашій Галактиці (як і в інших) їх виявлено багато. Густина туманностей мізерна, але розміри їх величезні порівняно з розмірами зір, і загальна їх маса порівняння з масою всіх зір Галактики. Отже, старанне вивчення газових туманностей необхідне для розв'язання питання про походження зір і самих туманностей. Величезний вклад у вивчення туманностей вніс Г. А. Шайн.

Григорій Абрамович не обмежився дослідженням вже відомих газових туманностей. Він виявив у нашій і інших галактиках безліч нових газових туманностей, що складаються з розрідженого водню. У телескоп їх не видно, а їх тільки вловлюють, фотографуючи особливими способами. Шайн із своїми співробіт-

никами відкрив понад 300 таких туманностей. З'ясувалося, що деякі з туманностей не безформні маси газу, а мають виразну волокнисту будову і в них відбуваються різноманітні фізичні (зокрема, магнітні) явища. Виявилось, що багато які туманності мають величезні маси — у тисячі разів більші, ніж маси Сонця. Багато своїх досліджень, присвячених туманностям, Григорій Абрамович виконав разом із своєю співробітницею — талановитим астрономом Вірою Федорівною Газе (1899—1954).

Неабияке значення мають і інші дослідження Г. А. Шайна. Особливо важливі його праці, присвячені вивченню зір з великим вмістом вуглецю. Він багато й успішно займався також вивченням спектрально-подвійних зір і іншими питаннями.

Григорій Абрамович не мав міцного здоров'я. У 1952 р. він мусив просити, щоб його увільнили від роботи директора обсерваторії. Просьба була задоволена. Але наукова енергія його залишалась невичерпною до останніх днів життя.



Перше ознайомлення з небом

САМОСТІЙНІ АСТРОНОМІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

ЯК ЗНАХОДИТИ СУЗІР'Я

У всякому місці на Землі можна спостерігати обертання неба навколо осі світу, і при цьому ту частину неба, яка близька до полюса, бувас видно завжди. Саме з неї й треба починати спостереження. У цій частині неба основні сузір'я такі: Велика Ведмедиця, Мала Ведмедиця, Кассіопея, Цефей, Дракон. Знайдіть насамперед ці сузір'я на небі по карті. Після цього вивчіть на ній сузір'я Пегаса, Андромеди, Персея, Візничого, Волопаса, Північної Корони, Геркулеса, Ліри і Лебедя. Усі ці сузір'я, так само як і наведені далі, видно не завжди, а лише в певну пору року. Потім ознайомтеся з сузір'ями: Риби, Овен, Близнята, Телець, Кит, Оріон, Малий Пес, Великий Пес, Рак, Лев, Діва, Терези, Скорпіон, Змієносець, Орел, Стрілець, Водолій, Козерог. Починати вивчення зоряного неба треба обов'язково з першої групи сузір'їв і — залежно від пори року — поступово переходити до нових з названих сузір'їв. Щоб полегшити це, користуйтесь нижченаведеною довідковою таблицею основних сузір'їв, які можна спостерігати в нашій країні.

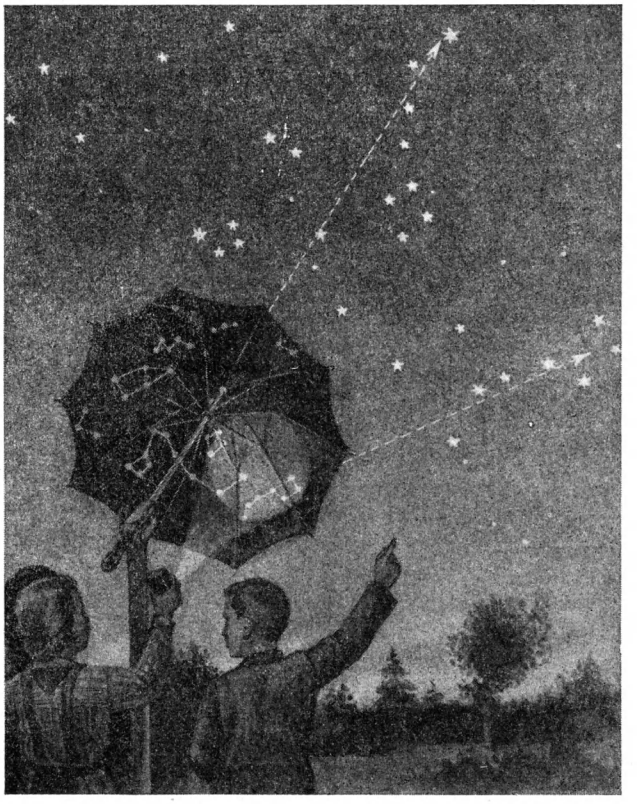
З іншими сузір'ями можна ознайомитись також, користуючись загальною картою зоряного неба. При цьому треба по карті запам'ятати,

ОСНОВНІ СУЗІР'Я

Назва	Характеристика розташування зір (фігура)	Як знайти	Коли видно
Велика Ведмедиця	Каструля (ківш), ручка загнута вниз		Завжди
Мала Ведмедиця	Каструля (ківш), ручка загнута догори	Через дві крайні зорі В. Ведмедиці (α і β) проведіть лінію і знайдіть Полярну зорю. Вона буде в кінці ручки каструлі М. Ведмедиці	Завжди
Кассіопея	Літера *W*, у різний час повернута по-різному	Від середньої зорі ручки ковша В. Ведмедиці проведіть лінію через Полярну зорю і далі на таку саму віддаль	Завжди
Цефей	Схожий на будиночок з гостроверхою покрівлею	Від середньої зорі ручки ковша В. Ведмедиці ведіть лінію через середину ковша М. Ведмедиці і далі. Сузір'я Цефея поряд з Кассіопеєю	Завжди
Дракон	Це велике сузір'я, яке немов обіймає М. Ведмедицю. Частина цього сузір'я—голова Дракона—має вигляд невеликого чотирикутника, а хвіст тягнеться спочатку в сторону Цефея, а потім повертає в сторону М. Ведмедиці	Найлегше відшукати голову Дракона: її можна знайти, продовжуючи лінію, яка з'єднує Полярну зорю з сусідньою зорею в ручці ковша М. Ведмедиці. Можна також провести лінію через середину Кассіопеї і Цефея	Завжди
Лебідь	Схожий на літак у польоті. Верхня зоря (Денеб) найяскравіша	Лінія від Полярної зорі через дві зорі Цефея. Далі на дві третини віддалі між цими зорями	Навесні, влітку і восени
Персей	Три зорі майже по одній лінії і одна під ними (Алголь)	Продовжити лінію через дві зорі Кассіопеї	Майже цілий рік (частково ховається в північній частині горизонту пізно навесні)
Візничий	Великий п'ятикутник з яскравою зорею (Капеллою) в правому верхньому куті	Зліва від Персея (або по лінії від голови Дракона через Полярну зорю і далі на таку саму кутову віддаль)	Так само, як і Персей
Ліра	Схожа на невеликий паралелограм, над верхньою частиною якого — яскрава зоря (Вега)	На продовженні лінії від Дракона через крайню зорю голови Дракона	Навесні, влітку і восени
Геркулес	Три найяскравіші зорі утворюють трикутник, гострий кінець якого іде вниз і трохи вліво. Але це — частина сузір'я. Верхня частина його схожа на трапецію. Унизу найяскравіша зоря	По праву сторону від Ліри	Навесні і влітку

ОСНОВНІ СУЗІР'Я

Назва	Характеристика розташування зір (фігура)	Як знайти	Коли видно
Волопас	Схожий на витягнутий до нижнього кута чотирикутник з яскравою зорею (Арктур) унизу	Продовжити лінії двох крайніх зір біля ручки ковша В. Ведмедиці	Наприкінці зими, навесні і влітку
Андромеда і Пегас	Пегас утворює великий квадрат (квадрат Пегаса). Андромеда — три зорі вліво вгору від крайньої зорі Пегаса. Усі ці зорі разом теж нагадують великий ківш	Лінія від Полярної зорі через крайню зорю Кассіопеї	Наприкінці літа, восени, на початку зими в південній половині небозводу
Північна Корона	Півкруг зір, звернений донизу; найяскравіша зоря (Гемма) в середині півкруга	Зліва від верхньої лівої зорі Волопаса	Завжди
Оріон	Великий чотирикутник з трьома зорями посередині, розташованими трохи навскоси. У лівому верхньому куті — яскрава червона зоря (Бетельгейзе). У правому нижньому куті — яскрава зоря (Рігель)	Під сузір'ям Візничого, якщо провести лінію від Полярної зорі через Візничого (Капеллу) на таку саму віддаль	Восени і взимку в південній стороні
Телець	Трикутник із зір, з яких одна найбільш яскрава і червонувата (Альдебаран). Це голова Тельця, а його роги йдуть у напрямі до Візничого	Між Візничим і Оріоном	Восени і взимку
Близнята	Великий прямокутник, косо розміщений, з двома яскравими зорями (Кастор і Поллукс) у верхній короткій стороні	Ліворуч від Візничого і Оріона	Наприкінці осені, взимку і рано навесні
Великий Пес	Тупокутний трикутник, у верхньому куті найяскравіша зоря нашого неба (Сіріус)	По лінії трьох середніх зір пояса Оріона ліворуч	Узимку
Малий Пес	Коротка лінія з двох зір, причому ліва — яскрава (Проціон)	Нижче, ніж Близнята, зліва від Оріона	Восени, взимку і рано навесні
Лев	Схожий на прас, з яскравою зорею (Регул) у правому нижньому куті праса	Від Полярної зорі через дві крайні зорі ковша В. Ведмедиці і далі на таку саму віддаль	Узимку і навесні
Діва	Великий чотирикутник, схожий на косий парус; у лівому нижньому куті яскрава зоря (Спіка)	Між Волопасом і Левом, але трохи нижче	Навесні, влітку
Скорпіон	Трикутник з яскравою червоною зорею (Антарес) у лівому нижньому куті	Праворуч униз від Орла в напрямі від Полярної зорі через праву крайню зорю Геркулеса і далі на таку саму віддаль	Навесні і на початку літа в південній стороні



Так можна знаходити сузір'я за допомогою астрозонта.

які з відомих вам сузір'їв перебувають поблизу (справа, зліва, зверху, знизу) від того, яке ви відшукуєте.

Якщо, наприклад, треба знайти сузір'я Рака, то по карті видно, що справа — Близнята, зліва — Лев.

Треба пам'ятати, що для ознайомлення із зоряним небом не досить тільки прочитати опис сузір'їв, слід неодмінно самому відшукати їх на небі, запам'ятати їх взаємне розташування та назви найяскравіших зір.

У різні години ночі і в різну пору року внаслідок обертання неба одне й те саме сузір'я буває видно в різних частинах небозводу. Наприклад, В. Ведмедицю восени видно ввечері (близько 21 години) у північній частині небозводу, а під ранок, перед сходом Сонця, у східній частині (ручкою каструлі вниз). Узимку ввечері це сузір'я видно в східній частині небозводу, навесні — високо над головою, улітку — у західній (ручкою каструлі вгору). Найважливіше — знати основні п'ять сузір'їв, які завжди видно в СРСР (див. стор. 496).

Щоб легко і швидко ознайомитись з головними сузір'ями, можна зробити велику складану зоряну карту. Для цього дуже зручно використати звичайний дощовий зонт. На внутрішньому боці такого зонта позначіть крейдою, користуючись картою, головні зорі сузір'їв та обриси сузір'їв так, щоб у середині була Полярна зоря. Потім білими нитками вишийте зображення зір, роблячи їх тим більшими, чим вони яскравіші, і крейдою напишіть назви сузір'їв.

Увечері, узявши з собою ліхтарик, вийдіть на відкрите місце, станьте під зонтом, тримаючи його ручку в напрямі Полярної зорі. Знайдіть на небі сузір'я Великої Ведмедиці і поверніть зонт навколо ручки так, щоб це сузір'я на зонті розмістилось так само, як і на небі. Закріпивши зонт у цьому положенні, дивіться то на зображення сузір'їв на внутрішній поверхні зонта, користуючись ліхтариком, то на небо, погасивши ліхтарик. Кожне сузір'я на небі при такому встановленні буде видно в тому самому напрямі, як і від спостерігача під зонтом (верхній рис.).

У кімнаті, освітлюючи ліхтариком внутрішню частину зонта, можна заздалегідь ознайомитись з цими сузір'ями. У нас вийде немов маленький переносний «зорярій», яким може користуватись одразу кілька чоловік. Зчистивши назви сузір'їв, можна зробити на зонті і «німу» карту зоряного неба і перевіряти по ній свої знання сузір'їв на небі.

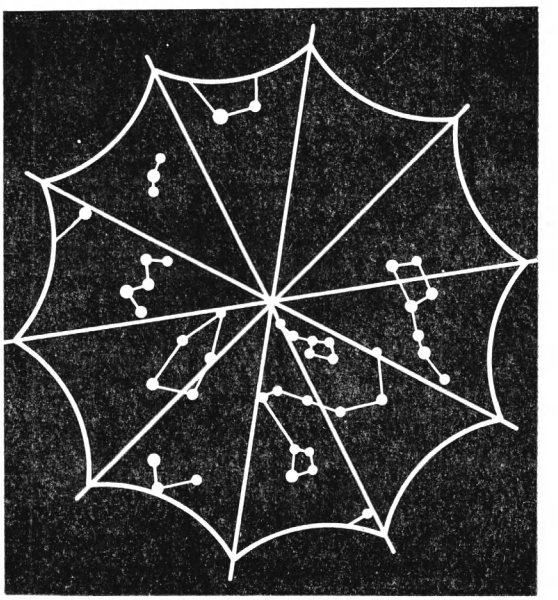
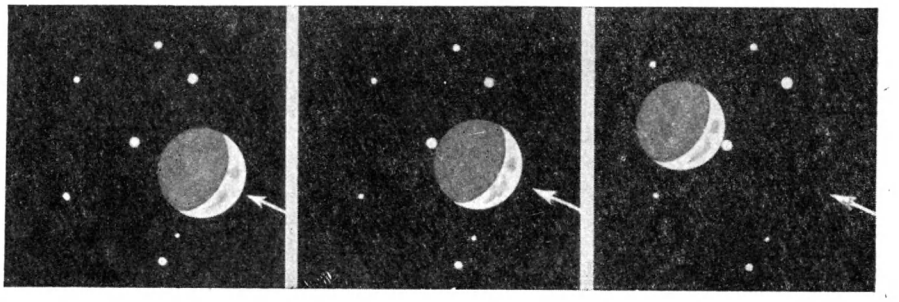


Схема розгортки астрозонта.

ЩО ЩЕ МОЖНА СПОСТЕРІГАТИ НА ЗОРЯНОМУ НЕБІ НЕОЗБРОЄНИМ ОКОМ



«Покриття» Місяцем зір. На першому рисунку — Місяць рухається ліворуч і його неосвітлений край близький до зорі. При такому положенні, як на рисунку, покриття відбудеться через 1/4 години. На другому рисунку — Місяць цієї ж секунди закриє зорю. На третьому рисунку — Місяць пересунувся вліво і зорю стало видно біля правого краю.

Навіть і неозброєним оком можна спостерігати, як змінюються і пересуваються небесні світила. Найлегше помітити пересування Місяця. Якщо ви запам'ятаєте положення Місяця серед зір якого-небудь сузір'я, а через півгодини чи годину подивитесь на нього знову, то виявите, що Місяць перемістився на зоряному фоні.

За годину Місяць пересувається на величину свого діаметра. Коли яка-небудь зоря перебуває зліва від Місяця на віддалі, трохи меншій, ніж поперечник Місяця, то можна помітити, як Місяць наближається до цієї зорі. А коли зорю видно біля самого лівого краю Місяця, то вона сховається за нього через кілька хвилин. Вже через годину або навіть раніше можна помітити, що та сама зоря показалась з-за правого краю Місяця. Особливо цікаво спостерігати таке «покривання» зір Місяцем в той час, коли він опуклістю свого диска звернений праворуч (час від новомісяччя до повномісяччя). Ліва сторона місяцевої кулі в цей час не освітлена Сонцем, і Місяць, закриваючи зорю своїм темним краєм, ледве світиться внаслідок «попелястого» світла (див. стор. 364). Спостерігати рух планет важче, ніж помічати рух Місяця.

Відрізнити планету від зір можна навіть неозброєним оком: зорі мерехтять, а планети світять спокійним, рівним світлом.

Деякі планети такі яскраві, що їх легко помітити на зоряному небі. Найважливіше і найцікавіше — це те, що планети пересуваються по небу на фоні зір. Щоб помітити їх рух неозброєним оком, треба повторювати спостереження через кілька діб протягом 1—2 місяців. Планети буває видно в 12 сузір'ях, які називаються з о д і а к а л ь н и м и. Це — Овен, Телець, Близнята, Рак, Лев, Діва, Терези, Скорпіон, Стрілець, Козерог, Водолій, Риби. Ці сузір'я буває видно в південній стороні небозводу.

З астрономічного календаря[1] можна довідатись, в якому сузір'ї перебуває планета в цей час. Коли ви знайдете її на небі, зробіть на прозорому папері копію карти того сузір'я, де в цей момент перебуває планета, яку ви спостерігаєте. На цій копії з карти точно позначайте місця, де було видно планету, якого числа, місяця і року. Іноді вже через кілька днів можна помітити, що планета пересунулась. Але так буває рідко. Звичайно, переміщення стає добре помітним тільки через кілька тижнів. Планета Марс рухається швидко, Юпітер — повільніше. Якщо спостерігати весь час, поки видно планету, можна помітити, що вона рухається спочатку в один бік, потім зупиняється і починає рухатися в другий бік. Це — в и д и м и й р у х планети. Про те, як планети рухаються насправді і яка природа планет, докладно сказано в статті на стор. 382—393.

Планети, як і Земля, свого світла не випромінюють і помітні тільки завдяки тому, що освітлюються Сонцем. Вони перебувають порівняно недалеко від Землі, і в бінокль або астрономічну трубу їх видно як маленькі кружальця-диски.

На відміну від планет, зорі світять самі. Вони так далеко від нас, що навіть у найпотужніші телескопи схожі на світлі точки, а не на диски.

Світло від зір і від планет приходить до нас крізь атмосферу з безповітряного простору. Повітря ніколи не буває зовсім спокійним, воно весь час коливається. Ці коливання відхиляють шляхи світлових променів, що йдуть від зорі. Тому ми й бачимо, що зоря ніби дрижить, мерехтить. А від планети, яку видно як кружальце, що складається з безлічі світлих точок, йде багато таких променів, і кожен з них теж мерехтить, але, коли один з променів слабшає, другий, навпаки, підсилюється. Цих променів так багато, що всі вони

[1] «Школьный астрономический календарь» Учпедгізу; «Астрономический календарь» Всесоюзного астрономічного геодезичного товариства; «Краткий астрономический календарь» (див. стор. 534).

зливаються; тому і світло від планети нам здається спокійним, немерехтливим. Крім руху зір, простим оком можна помітити і відмінності в їх кольорі.

Якщо ви порівнюватимете колір таких яскравих зір, як Вега, Капелла, Арктур, Альдебаран, Бетельгейзе, Антарес, то помітите, що одні з них білі, інші жовті, а є й червоні. Пояснюється це тим, що їх температури неоднакові: чим нижча температура зорі, тим вона червоніша. Помітити неозброєним оком колір слабших зір важче.

Гляньте на середню зорю в ручці ковша Великої Ведмедиці. Якщо у вас гострий зір, то ви помітите, що коло неї є ще одна, ледве помітна зірочка. У бінокль обидві ці зорі видно цілком виразно. Такі зорі є й в інших сузір'ях. Ці зорі називають подвійними.

У сузір'ї Геркулеса між зорями η (ета) і ζ (дзета) ви побачите в бінокль маленьку світлу плямочку, яка ледве світиться. Насправді це скупчення безлічі зір, які від нас так далеко, що для неозброєного ока всі вони зливаються в одне світле сяйво. Це кульове зоряне скупчення. Але є й такі скупчення, в яких навіть неозброєним оком можна помітити окремі зорі. Особливо легко розглядіти скупчення в сузір'ї Тельця — його називають Плеядами. Таких скупчень на небі багато, проте більшість з них видно тільки в астрономічні труби.

Біля зорі θ (тета) у сузір'ї Оріона видно в бінокль ніби туманну і тьмяну хмарку, що ледве світиться. Це туманність Оріона — величезна хмара розрідженого і світного газу. Неозброєним оком туманність Оріона помітити важко.

Неозброєним оком можна також помітити зміну блиску зір. У сузір'ї Цефея, яке завжди буває видно, є зоря δ (дельта). Вона стає то яскравішою, то слабшою через те, що її розміри і температура періодично змінюються. Дельта Цефея повторює зміни свого блиску приблизно через 5 діб і 9 годин. У цьому можна упевнитись, якщо дивитися на неї щовечора і записувати, з якою з сусідніх зір однаковий її блиск. Зорі, в яких змінюється блиск, назвали перемінними зорями.

ЯК ЗРОБИТИ ТЕЛЕСКОП ІЗ СКЕЛЕЦЬ ДЛЯ ОКУЛЯРІВ

Якщо у вас немає справжнього телескопа, ви можете виготовити невеликий саморобний із звичайних двоякоопуклих скелець для окулярів, які продаються в аптеках. Якщо таке скельце спрямувати на який-небудь далекий предмет, а за скельцем пересувати аркуш білого паперу, то на папері вийде перевернуте зображення предмета. Віддаль від скельця до зображення називають головною фокусною віддаллю.

У кожного скельця є своя головна фокусна віддаль. Найлегше помітити зображення і виміряти головну фокусну віддаль, якщо спрямувати скельце на Сонце. Але не треба довго тримати папір: він може загорітись, бо скельце збирає багато тепла.

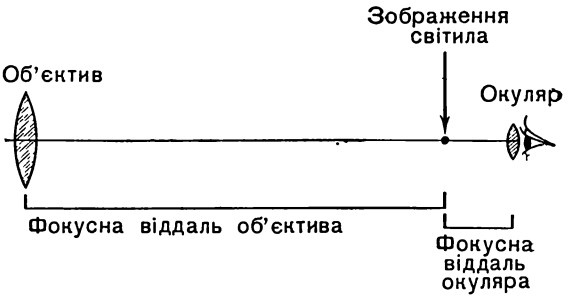


Схема астротруби.

Якщо крізь двоякоопукле скельце розглядати не дуже далекі предмети, вони здаватимуться близькими й великими. Звичайно для цього застосовують товстіші в середині скельця: у них головна фокусна віддаль невелика, лише кілька сантиметрів. Двоякоопуклі скельця для розглядання близьких предметів називають лупами. Лупу можна купити в магазині.

У телескопах є два двоякоопуклих стекла. Перше (його називають об'єктивом) має фокусну віддаль у десятки або сотні сантиметрів; воно дає зображення. Друге скло — це лупа. Крізь неї можна розглядати це зображення. Лупу в телескопах називають окуляром. Окуляр має фокусну віддаль лише в кілька сантиметрів.

Якщо встановити об'єктив і окуляр один від одного на віддалі, що дорівнює сумі їх фокусних віддалей, і, навівши на далекий предмет, подивитися крізь окуляр, то цей предмет здасться ближчим і більшим.

Число, яке вказує, у скільки разів предмет здається в телескопі більшим, ніж для неозброєного ока, називають збільшенням труби. Його можна приблизно визначити, дивлячись на далекий предмет одним оком крізь ці стекла, а другим — безпосередньо. Але точніше

можна визначити збільшення труби, вимірявши фокусну віддаль кожного скла, а потім поділити головну фокусну віддаль об'єктива на головну фокусну віддаль окуляра. Частка від ділення й покаже збільшення. Наприклад, якщо головна фокусна віддаль об'єктива 100 *см*, а окуляра 5 *см*, то збільшення буде 100 : 5 = = 20.

Але збільшення телескопів обмежене. Навіть у спеціально збудованих телескопах не можна діставати будь-які збільшення (бо об'єктиви дають не цілком чіткі зображення). А при великих збільшеннях кожна, навіть і дуже мала, нечіткість стає помітною. Тим більше не можна діставати великі збільшення, використовуючи прості опуклі стекла для окулярів, які є в аптеці.

Найкращі збільшення для саморобної труби — від 20 до 40 раз. Їх можна дістати, підбираючи різні стекла, але зручніше для об'єктива вибрати стекла з не дуже великою фокусною віддаллю, щоб труба не була надто довгою і громіздкою. Найкраще придбати скло для об'єктива з фокусною віддаллю 100 *см*, а для окуляра—з фокусними віддалями 5 або 2,5 *см*.

Двоє стекол для двох різних окулярів потрібні через те, що одні світила, наприклад, Місяць, краще розглядати із збільшенням у 40 раз, а другі, менш яскраві,— із збільшенням у 20 раз.

Для об'єктива цілком придатні ті самі опуклі стекла, які вставляють в окуляри. Такі стекла називаються конвексом. Їх властивості позначають діоптріями[1]. Якщо конвекс має 2 діоптрії, то, не провадячи вимірювань, можна розрахувати його головну фокусну віддаль. Для цього досить 100 *см* поділити на два. А щоб розрахувати число діоптрій за головною фокусною віддаллю, треба 100 *см* поділити на головну фокусну віддаль, подану в сантиметрах. Оскільки в аптеках стекла позначають діоптріями, то ми даємо таблицю, в якій зазначено число діоптрій і фокусну віддаль деяких стекол.

Якщо в магазині не буде скла рівно в 1 діоптрію, то беріть таке, щоб його число діоптрій мало відрізнялося від одиниці, наприклад, 1,25 або 0,75. Тут же підберіть і невелику лупу. Її фокусну віддаль можна визначити одразу. Для цього треба спрямувати лупу на який-небудь світний предмет (наприклад, лампочку)

Число діоптрій	Головна фокусна віддаль в *см*
20	5
10	10
5	20
4	25
3	33
2	50
1,5	67
1,0	100
0,75	133

і подивитись, де виходить зображення. Якщо на оправі лупи зазначено збільшення (наприклад, × 5), то її фокусну віддаль можна знайти, поділивши 25 *см* на це збільшення.

Успішно спостерігати небесні світила в астрономічну трубу можна тільки в тому разі, якщо вона стійко стоїть на якій-небудь підставці. Якщо тримати її в руках, то не можна побачити подробиці на світилі: адже рука обов'язково буде ледве помітно тремтіти, а це тремтіння при розгляданні світила в трубу стає помітнішим. Крім того, у телескоп видно тільки невелику частину неба, і навести трубу на зорю або яку-небудь планету нелегко. Тому всі труби для астрономічних спостережень роблять завжди на підставках, які називають штативами. Штатив має пристрій, що полегшує наведення,— шукач.

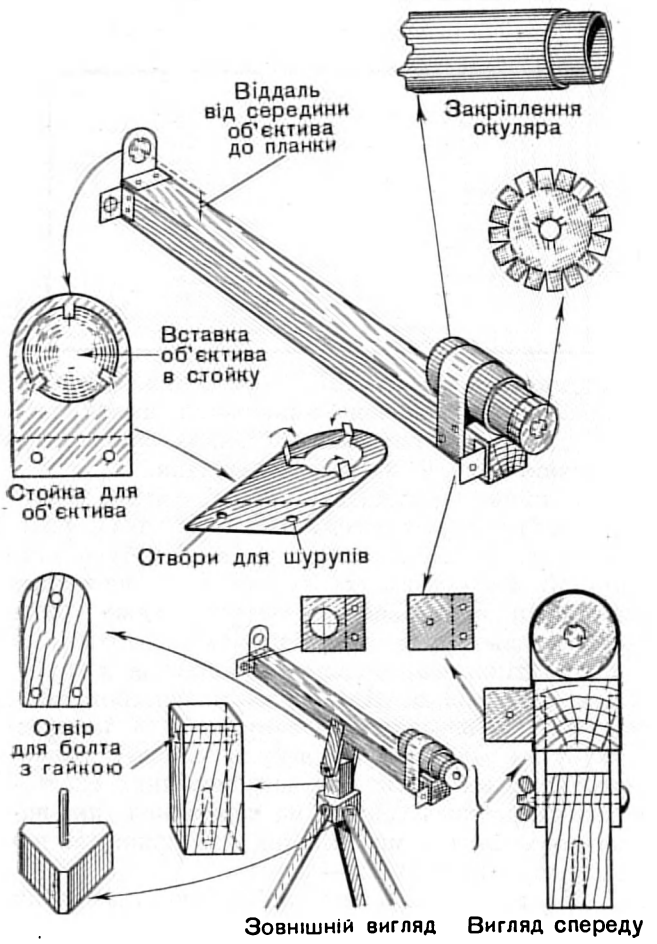
На стор. 502 унизу зображено саморобну трубу в складеному вигляді. Вона стоїть на триногому штативі, і її можна повертати вправо, вліво, угору і вниз; збоку на ній є дві пластинки (одна з маленьким отвором — вічком), які виконують роль шукача.

Перш ніж спостерігати небо, зробіть трубу з шукачем, а потім і штатив. Якщо у вас є міцна фотографічна тринога із штативною головкою, то можна прикріпити трубу просто до цієї головки.

Для труби телескопа можна взяти легку металеву трубку або скачати трубку з цупкого паперу, проклеївши його. Оскільки трубка має бути завдовжки 1 *м* і не прогинатись, її можна укріпити на дерев'яній планці. На рисунку на стор. 502 показано, як це робити.

Із жерсті з-під консервної банки або з грубого картону виріжте ножицями стояк для об'єктива так, як це показано на рисунку. Всередині стояка проріжте круглий отвір, щоб його поперечник був на 5—8 *мм* менший від скла об'єктива. Проріжте жерсть у трьох місцях так, щоб можна було, загнувши смужки

[1] *Діоптрія* — одиниця вимірювання заломлюючої сили оптичних стекол, наприклад, стекол для окулярів. При фокусній віддалі 1 *м* заломлююча сила дорівнює 1 діоптрії.



Рисунки саморобної астротруби і вигляд складеної труби.

вгору, вкласти об'єктив. Потім обережно (не роздушивши скла — воно тонке) загніть смужки і закріпіть об'єктив. У відігнутій униз смужці заздалегідь пробийте два невеликих отвори для шурупів, причому один з них трохи більший проти діаметра шурупа (вони потрібні для того, щоб пригвинчувати об'єктив до дерев'яної планки).

Тепер приготуйте рівну, добре вистругану планку прямокутного перерізу (у розрізі) із сторонами 3 × 4 *см*. Рівно посередині планки проведіть під лінійку пряму лінію. Пригвинтіть шурупами з круглою головкою в передній її частині стояк з об'єктивом так, щоб він йшов якраз упоперек (під прямим кутом) проведеної лінії. Виміряйте віддаль від середини об'єктива до планки (у міліметрах).

Скачайте з цупкого паперу трубку завдовжки 10 *см*. Її поперечник має бути вдвоє більший, ніж віддаль від середини об'єктива до планки. Щоб це зробити краще і точніше, візьміть круглу дерев'яну скалку, трубку або навіть аптечну склянку з відповідним поперечником. Скалку або склянку покладіть на край паперу і обгорніть її папером. Після одного оберту решту паперу промажте (але не густо) клеєм і ще раз обгорніть. Так треба робити доти, доки накачаний папір матиме товщину 2—3 *мм*. Коли трубка буде готова, поставте її в сухе місце для просушування. Тільки після цього обережно знімайте трубку, злегка її обертаючи.

Таким самим способом зробіть другу трубку такої самої довжини, яка щільно входила б у першу. Обидві трубки служитимуть для окуляра.

Більшу трубку треба прикріпити до планки; менша буде в неї всуватись і висуватись так, щоб чітко бачити зображення предмета, який ми розглядаємо.

Для укріплення окуляра виріжте з жерсті кружечок поперечником на 3 *см* більший, ніж поперечник меншої трубки; проріжте на ньому отвір і укріпіть окуляр так само, як і об'єктив.

Виступи кружечка з жерсті загніть і, наклавши кружечок на меншу (всувну) трубку, рівно замотайте м'яким дротом для дзвінків.

Перед остаточним установленням треба позначити місце головного фокуса об'єктива. Спрямуйте вдень планку з об'єктивом на далекий предмет або на Сонце і, пересуваючи білий папірець або матове скло там, де має бути фокус, позначіть олівцем на планці місце, де виходить найчіткіше зображення. Потім спиляйте планку, відступивши від позначки на 2 *см* в сторону об'єктива.

У цьому місці і треба прикріпити широку трубку окуляра так, щоб її край припадав урівень з обрізом і напрям трубки йшов у напрямі прокресленої лінії.

Найміцніше можна прикріпити трубку окуляра смужками із жерсті, які б охоплювали трубку і були пригвинчені до боків планки (див. рисунок унизу).

Окулярну трубку і стекла окуляра можна зробити й іншими способами.

Для доброї видимості важливо, щоб трубка окуляра була спрямована на об'єктив, а середина окуляра була на тій самій віддалі від планки, що й середина об'єктива. Крім того, треба, щоб об'єктив і окуляр стояли точно впоперек планки. Простір від об'єктива до окуляра поки що відкритий, і в окулярну трубку надходить світло збоку. Це заважає спосте-

реженням. Щоб стороннє світло не заважало, можна куском чорного паперу закрити весь простір між об'єктивом і окуляром. Найбільше підходить для цього чорний фотопапір (в який загортають фотопластинки). Приготуйте суцільний (або склеєний з окремих кусків) аркуш такого паперу, потім накладіть його на стояк об'єктива та окулярну трубку, а краї паперу загорніть і кнопками прикріпіть до карти. У вас вийде труба на дерев'яній жорсткій основі.

Треба зробити шукач до труби, бо в неї видно тільки невелику частину неба і юному астрономові важко «націлитись» на світило.

Шукач для труби роблять також з жерсті у вигляді двох пластинок. В одній є великий круглий отвір, де хрест-навхрест натягнуто дві дротинки, як показано на рисунку.

У другій пластинці отвір поперечником 5 *мм*. Обидві пластинки мають бути цілком однакові, щоб можна було їх загнути і пригвинтити до обох кінців планки.

Основу штатива можа зробити у вигляді тригранника, пригвинтивши до нього ніжки шурупами. На триграннику є вертикальний стержень, на який насаджують дерев'яну планку. Щоб прикріпити до неї трубку, треба по краях основної планки пригвинтити дві виступні дощечки і затягнути болтом.

ЯК СПОСТЕРІГАТИ В АСТРОНОМІЧНУ ТРУБУ

Винесіть трубу вдень на таке місце, з якого видно найдальші предмети. Наведіть її на який-небудь далекий предмет і, рухаючи окулярну висувну трубку вперед і назад, знайдіть найкраще положення, при якому буде добре видно предмет. Ви побачите всі предмети перевернутими. Ця властивість об'єктива не заважає спостереженням небесних світил. Позначте положення окуляра, при якому виходить найбільша чіткість, і проведіть олівцем риску в тому місці висувної трубки, яке припадає біля краю нерухомої трубки. Якщо у вас заготовлена друга трубка, з іншим збільшенням, то і її треба розмістити так само.

Установлення стояка об'єктива легко підправити, якщо в цьому буде потреба. Навівши всю трубу на віддалений предмет, відкрутіть трохи шуруп, що проходить через більший отвір,— стояк можна буде трохи повертати (обертання навколо другого шурупа). Дивлячись в окуляр на далекий предмет, повертайте стояк трохи то до себе, то від себе і, залишивши його в тому положенні, коли зображення найчіткіше, закріпіть остаточно шуруп.

Наведіть трубу на далекий предмет і, коли його буде видно в середині «поля зору» труби, обережно, не зсуваючи її, подивіться в маленький отвір шукача. Якщо шукач правильно встановлено, то ви побачите той самий предмет у крузі в місці схрещування дротинок. Якщо предмет видно не на перетині дротинок, то треба позначити і запам'ятати, в якому місці круга його видно, і тоді можна упевненіше наводити трубу.

Наводити трубу на спостережуваний предмет треба навчитися вдень. Насамперед, дивлячись уздовж корпусу труби (від окуляра), поверніть трубу так, щоб предмет було видно на краю її з об'єктивом. Потім подивіться в шукач і ще трохи поверніть трубу так, щоб предмет був на перехресті дротинок або біля нього. Нарешті, подивіться в окуляр і ще трохи поверніть трубу, щоб предмет був у середині поля зору.

Зважаючи на обертання Землі і зумовлюваний ним добовий рух світил, трубу треба час від часу повертати вправо, а передній кінець її або піднімати (у східній стороні), або опускати (у західній). Це треба робити обережно. Якщо світило вийде з поля зору, знову націльте на нього трубу.

Об'єктив у нашому телескопі не цілком досконалий, тому навколо небесних світил, особливо коли вони дуже яскраві, будуть кольорові облямівочки.

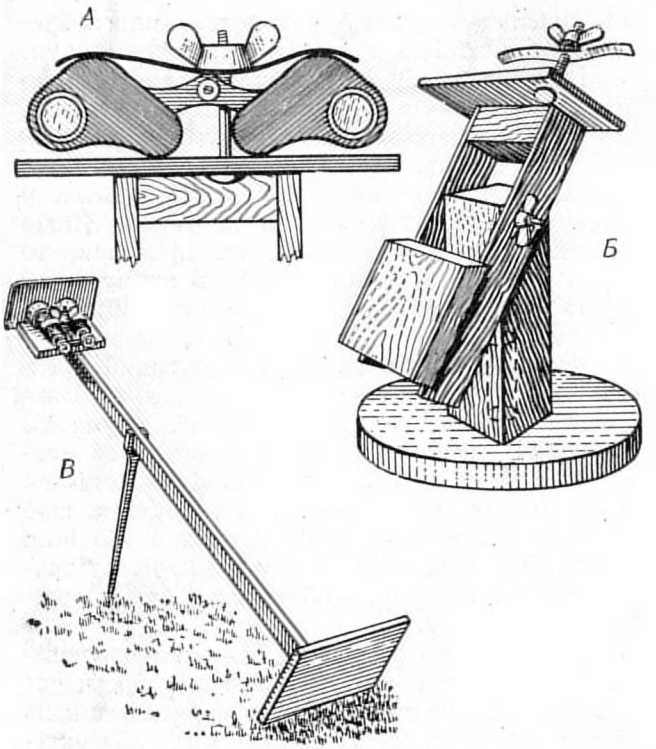
Можна поліпшити зображення, якщо частково закрити об'єктив картонною кришкою з круглим отвором або між окуляром і оком вставити жовто-оранжеве скло (світлофільтр). Але тоді зображення стане менш яскравим.

ЯК ЗАСТОСУВАТИ БІНОКЛЬ ДЛЯ АСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Крізь бінокль теж можна спостерігати небо. Його збільшення менше, але зате зображення він дає чіткіші, ніж саморобна труба.

Дуже підходять для астрономічних спостережень призмені біноклі. Вони побудовані так само, як і астрономічні труби. У них є і об'єктив і окуляр, тільки всередині такого бінокля вставлені призми, для того щоб дати не перевернуте, а пряме зображення і вкоротити довжину труби.

Радянський призмений бінокль дає восьмикратне збільшення і дуже корисний для астрономічних спостережень. У театральних бі-



Закріплення бінокля на планці і встановлення екрана:
А — закріплення бінокля на дощечці штатива; *Б* — штатив бінокля; *В* — прилад для спостереження сонячних плям.

ноклів немає призм; їх окуляр являє собою двояковгнуте скло.

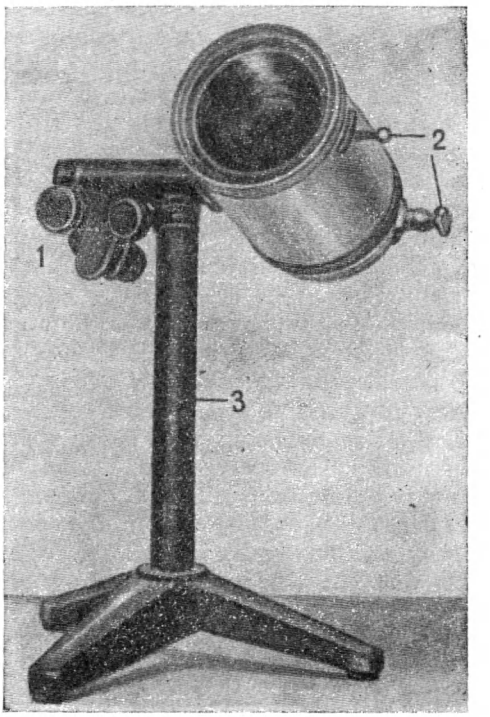
Провадячи спостереження з біноклем, не тримайте його на вису, а спирайтеся руками об підставку. Для спостереження з біноклем можна зробити такий самий штатив, як і для саморобної труби, але замість планки треба прикріпити дощечку. Одну половину бінокля можна прив'язати до верхньої дощечки вірьовкою або зробити притискач.

ЯК СПОСТЕРІГАТИ В МЕНІСКОВИЙ ТЕЛЕСКОП

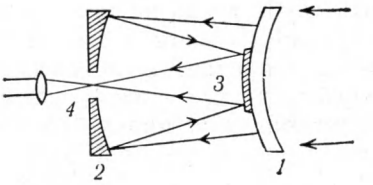
Телескоп, що називається менісковим, винайшов учений Д. Д. Максутов. Цей телескоп складається з опукло-угнутого скла-меніска, угнутого дзеркала, додаткового маленького дзеркала і окуляра. У шкільний телескоп такої системи можна спостерігати небесні світила із збільшенням близько 50 раз. Водночас цей телескоп набагато коротший від звичайної астрономічної труби такої самої сили.

Шкільним менісковим телескопом провадити спостереження дуже зручно. Він установлений на чавунній підставці, має пристрої для плавних пересувань у невеликих межах і шукач.

Для спостережень у телескоп поставте тригогу на стовп або край стовпа. Удень, як і з саморобною трубою, подивіться на далекі предмети, щоб дізнатись, як діє шукач, і позначте положення окуляра.



Шкільний менісковий телескоп системи Д. Д. Максутова:
1 — гвинти для закріплення і гвинти для повільних поворотів; *2* — діоптри для націлювання; *3* — підставка.



Розріз меніскового телескопа:
Промені проходять через меніск (*1*), відбиваються від дзеркала (*2*), йдуть у зворотний бік, знову відбиваються від дзеркальця (*3*) і дають зображення (*4*), яке розглядається крізь окуляр.

У штатива цього телескопа є чотири гвинти: два для закріплення і два для дуже повільного плавного руху телескопа.

Перед тим як наводити, попустіть закріпні гвинти (обертати їх треба вліво), однією рукою наведіть трубу по шукачу, а другою закріпіть гвинти. Після цього подивіться в окуляр і мікрометричними (повільними) гвинтами трохи поверніть трубу, щоб предмет був у центрі поля зору.

Уночі під час спостереження світил, дивлячись в окуляр, тримайте руки на мікрометричних гвинтах і злегенька повертайте їх, стараючись, щоб світило весь час було в центрі поля зору. Радянський шкільний телескоп-рефлектор має три окуляри і дає збільшення до 50 раз. Цей телескоп має «екваторіальну» установку, що полегшує спостереження. У нього є такі самі закріпні і мікрометричні гвинти.

ЩО СПОСТЕРІГАТИ В САМОРОБНУ ТРУБУ, БІНОКЛЬ АБО ШКІЛЬНИЙ ТЕЛЕСКОП

Усі предмети ми бачимо під деяким кутом. Кут, який утворюють напрями від нашого ока до країв світила, називають кутовим діаметром предмета. Кутові діаметри різних світил невеликі, і їх подають у шістдесятих частках градуса — мінутах дуги, а для дуже малих за видимими розмірами світил — навіть у шістдесятих частках мінути — секундах дуги. Наприклад, кутовий діаметр Місяця близько 31′, а Марса — тільки близько 25″ (при найближчій його віддалі).

Неозброєним оком не можна розрізнити малі кути, і тому планети здаються точками, як зорі. В астрономічну трубу ми можемо розглянути більше подробиць, бо при розгляданні в трубу кутовий діаметр предметів буде більший.

Планета Юпітер має середній кутовий діаметр близько 40″ Якщо спостерігати цю планету при збільшенні в 50 раз, то діаметр буде видно під кутом $40'' \times 50 = 2000''$. Якщо перевести це число в мінути дуги, то дістанемо $2000'' : 60 = 33'20''$.

Значить, у телескоп ми побачимо Юпітер трохи більшим, ніж при спостереженні Місяця простим оком.

На Місяці ми помічаємо подробиці в $^1/_{15}$ його діаметра; значить, те саме можна буде помітити і на Юпітері. Коли ж дивитись у той самий телескоп на Місяць, то будуть помітні подробиці не в $^1/_{15}$, а в $^1/_{15} \times {}^1/_{50} = {}^1/_{750}$ його діаметра.

Не всі труби однакові щодо якості; тому, наприклад, у саморобну трубу, навіть при збільшенні в 50 раз, не буде видно стільки подробиць, скільки в шкільний менісковий телескоп.

Диски зір ні в які телескопи не можна розглянути — такі вони малі.

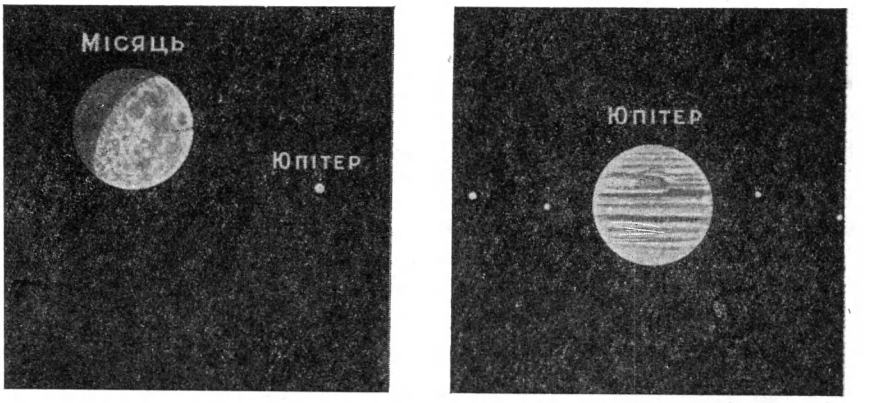
У телескоп можна спостерігати темні плями на Сонці, полічити їх число і стежити за подробицями їх зміни.

На Сонце в телескоп завжди треба дивитись тільки крізь темне скло, інакше можна осліпнути.

Щоб спостерігати сонячні плями і зарисовувати їх, треба, навівши трубу на Сонце[1], тримати білий аркуш паперу за окуляром; на цьому аркуші (його називають екраном) буде видно кругле світле зображення Сонця. Якщо його краї не будуть чіткими, треба висувати окуляр доти, поки їх не стане добре видно. Тоді будуть помітні і плями на Сонці.

Зручніше прикріпити екран до самої труби і закрити його від прямих променів Сонця. При саморобній трубі екран можна прикріплювати до основної планки. При спостереженні

[1] У цьому випадку краще наводити, стежачи за тінню від труби.



Зліва — Місяць і Юпітер, які видно неозброєним оком. Справа — Юпітер та його супутники, які спостерігають в астротрубу із збільшенням у 50 раз.

нях Сонця треба оберігати трубу від перегріву, відвертаючи час від часу її об'єктив від Сонця. Таким самим способом можна спостерігати Сонце восьмикратним біноклем. У цьому випадку простіше зробити установку, зображену на рисунку на стор. 504 зліва.

Спостерігаючи так кожного ясного дня, ви побачите, що плями пересуваються по диску. Це доказ того, що Сонце обертається навколо своєї осі.

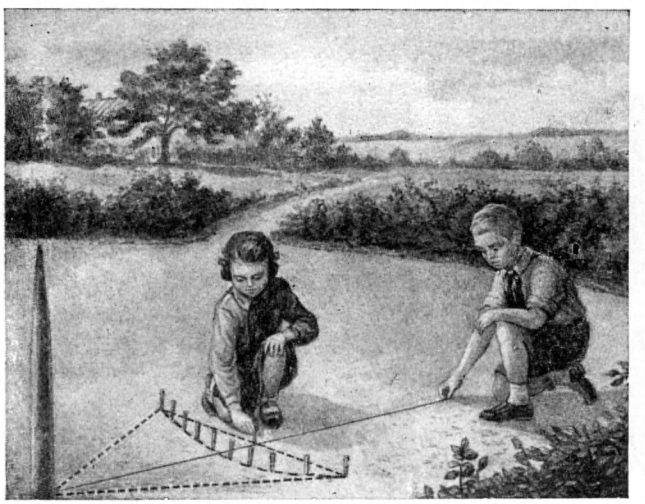
Часткові сонячні затемнення треба спостерігати так само, як і Сонце,— на екрані.

На Місяці простим оком видно тільки великі темні плями, які називаються «морями». Не думайте, що в телескоп найкраще спостерігати Місяць, коли він у повні (у цей час на ньому дуже мало що видно).

Найкраще спостерігати Місяць, освітлений Сонцем збоку, коли він має вигляд серпа або півкруга. У цей час на ньому можна побачити у восьмикратний бінокль великі кільцеві гори.

Венеру можна спостерігати вечорами в західній частині небозводу або перед ранком у східній частині. Фази Венери можна помітити із збільшенням від 15 раз і більше.

Найцікавіше спостерігати Юпітер. Це найбільша планета, і навіть при невеликих збільшеннях на ній видно смуги. Дуже цікавий рух супутників Юпітера. Їх можна побачити навіть у бінокль із збільшенням у 6—8 раз (спостерігати треба обов'язково в трубу із штативом). Вони весь час пересуваються, обертаючись навколо Юпітера, що буває помітно вже через 2—3 години спостережень.



Розмічання годинника по тіні від гномона і визначення полудневої лінії.

При доброму об'єктиві із збільшенням в 40 раз можна помітити кільце Сатурна.

Комету, якщо вона з'явиться на небі, спостерігайте в бінокль. У саморобну трубу її буде видно погано, а в телескоп Максутова можна добре розглянути лише найяскравішу частину комети — голову.

Комети бувають різної яскравості, і не завжди у них добре видно хвіст; нерідко комета так і залишається видимою, як ледве помітна плямочка на зразок туманності або зоряного скупчення.

Найцікавіше простежити рух комети відносно зір.

Зорі в усі труби видно, як точки; чим більший поперечник об'єктива і збільшення, тим більше їх видно на небі.

Цікаво подивитись у трубу на Молочний Шлях. Ви побачите, що він складається з величезного числа слабких зір.

Подвійних зір у бінокль можна побачити набагато більше, ніж простим оком.

ЯК ВЛАШТУВАТИ В ТАБОРІ АБО ПРИ ШКОЛІ АСТРОНОМІЧНИЙ МАЙДАНЧИК

Кожний, хто хоче знати астрономію, повинен сам спостерігати небесні явища. Астрономічні спостереження, як і кожна інша справа, вимагають деякої практичної навички.

Для постійних астрономічних спостережень можна влаштувати астрономічний майданчик. На ньому треба встановити столики для труб, прокласти так звану полудневу лінію, яка вказуватиме напрям географічного меридіана, і поставити вказівники основних точок горизонту, сонячний годинник і інші прилади.

Ще в 1926 р. у таборі Артек (Крим) за життя його засновника З. П. Соловйова піонери влаштували з допомогою астрономів такий майданчик. Тепер у школах і піонерських таборах поряд з географічними майданчиками створюють і астрономічні. Великий астрономічний майданчик є при Московському планетарії.

У таборі або поблизу від нього разом з групою товаришів треба вибрати рівне місце з відкритим горизонтом. Починати треба з визначення напряму географічного меридіана. Цей напрям називають полудневою лінією. Щоб намітити полудневу лінію, установлюють посеред вибраного місця рівну пряму жердину. Її висота над поверхнею землі має бути $1^1/_2$—2 *м*. Вона повинна стояти

цілком вертикально (перевірте це виском і, якщо треба, підправте установку). Ця жердина називається г н о м о н о м, тобто вказівником.

Заготуйте штук 30 маленьких кілочків. Сонячного дня треба буде з 9—10 год. ранку і до 4—5 год. вечора ці кілочки забивати в землю кожні 15—20 хвилин туди, де буде кінець тіні від вертикальної жердини. Призначте чергових з бажаючих брати участь у цій роботі. До 4—5 год. вечора біля гномона буде багато кілочків. Ранкові і вечірні кілочки лишаться далі від основи гномона, а ближче до нього будуть ті, які було поставлено близько полудня, коли Сонце буває над південною точкою горизонту.

Проведіть через кілочки лінію; вона буде кривою. Позначіть на цій лінії два місця на однаковій віддалі від основи гномона. Віддаль між цими місцями по прямій лінії поділіть навпіл: середня точка лежатиме якраз на полудневій лінії. Якщо середню точку сполучити прямою лінією з основою гномона, то це й буде напрям географічного меридіана, або полуднева лінія, бо основа гномона теж лежить на полудневій лінії.

Щоб провести напрям географічного меридіана правильно, поставте біля кінця полудневої тіні другу вертикальну жердину. Нехай один піонер відійде від гномона на 3—4 *м* у південну сторону і стане так, щоб обидві жердини було видно йому в одному напрямі, а самі відходьте в північну сторону, тримаючи в руках третю жердину так, щоб товариш бачив усі три жердини в одному напрямі. Якщо ви неправильно тримаєте свою жердину, то товариш повинен сказати, в який бік її треба посунути.

Коли відійдете на 3—4 *м*, то встроміть жердину в землю, і нехай ваш товариш перевірить правильність установлення.

Так само поставте і південну жердину. Тепер дві середні можна зняти і туго натягти вірьовку між крайніми жердинами, прокладаючи її над самою землею.

Вірьовка покаже напрям географічного меридіана.

Під вірьовкою вирийте пряму канавку завширшки 5—8 *см* і завглибшки 10 *см*. Заповніть її битою цеглою або кольоровою галькою. На одному кінці канавки викладіть букву Пн (північ), на другому — Пд (південь). Жердину на південному кінці можна не знімати, а, навпаки, укріпити. Ця жердина і буде гномоном. Щодня, коли тінь від неї падатиме на полудневу лінію, наставатиме справжній полудень.

Точний напрям полудневої лінії (лінії «північ — південь») потрібен не тільки для проведення астрономічних спостережень, а також і для встановлювання астрономічних інструментів. Визначати полудневу лінію по компасу не можна, бо стрілка магнітного компаса вказує напрям магнітного полюса Землі, а не північного географічного, що лежить від нього на великій віддалі.

Замість північної жердини встановіть стовп і перевірте його вертикальний напрям виском. Увечері знайдіть Полярну зорю і до стовпа пригвинтіть планочку так, щоб вона була спрямована на полюс (до Полярної зорі). Ця планочка показує напрям, паралельний осі обертання, а її нахил до горизонту дорівнюватиме широті місця табору. До цього «вказівника полюса світу» треба прикріпити трубку або спеціальні затискачі для ручки астрозонта.

Установіть два невисоких стовпи — східний і західний — на віддалі 3—4 *м* від середини майданчика.

Прибийте на них товсті гладенькі дошки (краще закруглені), для того щоб на них ставити астрономічну трубу або штатив з біноклем.

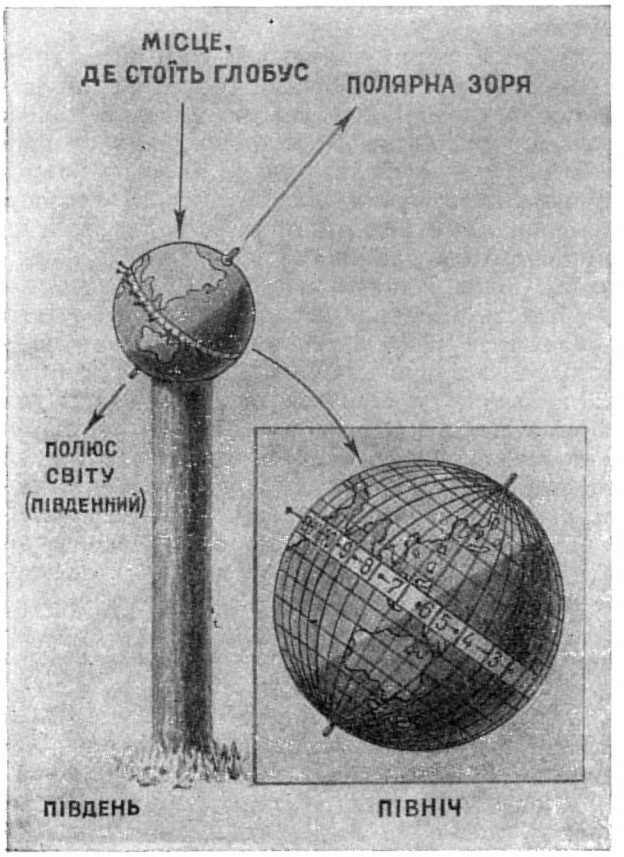
Якщо хочете визначати час по Сонцю, то зробіть сонячного годинника. Тінню від вказівника він показуватиме так званий місцевий, справжній, час.

Сонячний годинник можна зробити просто на землі, вирівнявши її поверхню.

Під час громадянської війни біля м. Пугачова школярі вчились городництва і працювали за 3 *км* від міста. Звичайного годинника у них не було. Тоді викладач астрономії влаштував з учнями сонячного годинника. За цим годинником і встановлювався робочий час.

Щоб побудувати такий годинник, треба на тому місці, де ви збираєтесь його встановити, провести полудневу лінію і поставити тіньовий вказівник.

Можна скористатись полудневою лінією, яка вже є на вашому майданчику, або провести нову; вона буде паралельна вже проведеній. Тіньовий вказівник поставте похило і спрямуйте його на полюс світу. Це можна зробити, не спостерігаючи зоряне небо. Знаючи положення полудневої лінії, досить надати вказівнику нахил, що дорівнює географічній широті місця, де знаходиться табір. Географічну широту табору можна взнати по географічній карті.



Сонячний годинник — глобус.

Щоб зробити тіньовий вказівник, установіть похило рівну жердину, одним кінцем зариту в землю. Нахил має бути на стільки градусів, скільки градусів широта. Для цього прикладіть до жердини транспортир з прив'язаним у середині виском. Робіть це не самі, а разом з товаришами.

Щоб жердина не прогнулась і не змінила нахилу, підіприть її прямою гілкою з розвилкою.

Тепер вам залишається розмітити годинні поділки на циферблаті годинника. Ці поділки не рівні, і положення їх залежать від широти. Їх подано в градусах і наведено в таблиці, яку ми даємо на стор. 511 посередині. Для кожної години треба вправо і вліво від полудневої лінії відміряти кути; вершини їх мають бути там, де тіньовий вказівник входить у землю. Коли ці лінії будуть позначені за допомогою транспортира (натягуючи вірьовку), викладіть їх і цифри, що позначають години, камінцями. По краях можна посадити такі рослини, квітки яких розпускають свої віночки у відповідний час. Тінь від вказівника — це стрілка сонячного годинника; по ній кожен може взнати місцевий час.

Для міст, широта яких перевищує 66°,5, у середині літа Сонце не заходить. Тому на нашій таблиці кути дано до 12 години ночі.

На цьому самому майданчику можна встановити сонячний годинник, який одразу показуватиме час не тільки в тому місці, де ви перебуваєте, а й у будь-якому місці Землі. Таким годинником може бути географічний глобус, поставлений так, що його вісь спрямована на полюс світу. При цьому глобус закріплюють таким способом, щоб його меридіан, який відповідає місцеположенню вашого міста чи села, збігався з меридіаном на вашому майданчику. Коли глобус укріпите нерухомо, він почне повертатися за день так само, як і сама Земля, і буде так само освітлений Сонцем, як Земля. Такий глобус — немов годинник, який не треба накручувати.

На полудневій лінії зарийте в землю стовп і на ньому укріпіть географічний глобус. Установлення легко здійснити правильно за вказівником полюса світу, який зроблено на північному стовпі. Під час дощу і на ніч глобус треба закривати, щоб він не зіпсувався від вологи. На глобусі по екватору можна приколоти білу смужку, поділити її на 24 рівні частини і встромити шпильки на поділках. При цьому відмітка «12 година» повинна припадати над полудневою лінією. Підійшовши до глобуса в сонячний день, можна побачити, де на ньому проходить межа світла і тіні (тобто де зараз сходить і заходить Сонце) і де в цей момент полудень. Полудень буде на тому меридіані, де тінь від шпильки, встромленої перпендикулярно до поверхні глобуса, збіжиться з географічним меридіаном цього місця.

ОРІЄНТУВАННЯ НА МІСЦЕВОСТІ

Визначення напрямів точок горизонту звичайно називають о р і є н т у в а н н я м на м і с ц е в о с т і.

Уміти орієнтуватись на місцевості дуже важливо людям різних професій, і ви легко можете навчитися цього.

Найзручніше і найкраще орієнтуватись по компасу.

Намагнічена стрілка компаса спрямовується одним своїм кінцем в сторону півночі. Для точного орієнтування по компасу треба

знати, наскільки стрілка не збігається з напрямом географічного меридіана.

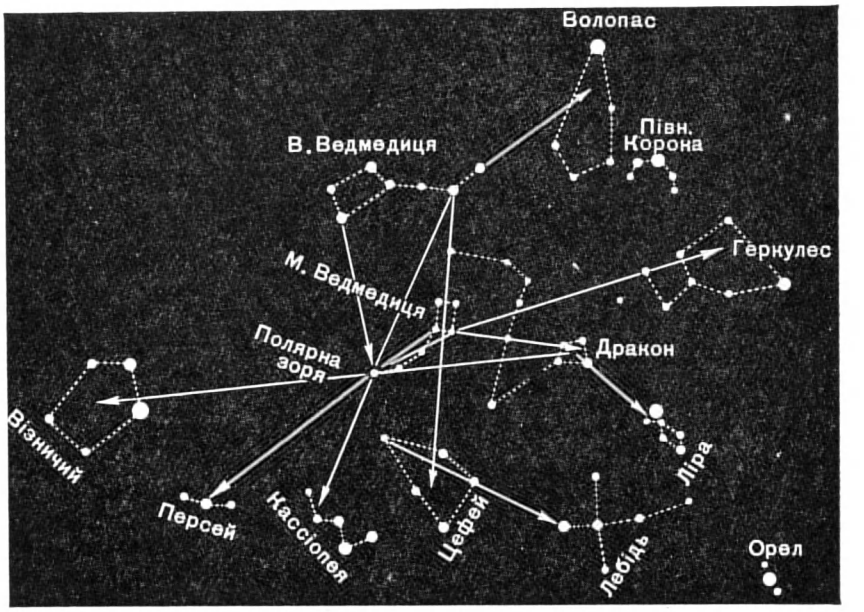
Кут між географічним меридіаном і стрілкою компаса (схилення) можна визначити по напряму полудневої лінії (якщо її правильно проведено). Він звичайно невеликий. Якщо на Сонці великі плями, то схилення компаса змінюється. Пояснюється це тим, що великі плями є відбиттям грандіозних фізичних процесів, що відбуваються на Сонці, а вони впливають на земний магнетизм і на багато інших явищ на Землі.

Якщо у вас немає компаса, можна орієнтуватись по Сонцю, Місяцю і зорях.

Рух Сонця по небозводу добре відомий. Завжди можна сказати, в якій стороні небозводу перебувас Сонце. Але при цьому треба пам'ятати, що влітку Сонце піднімається опівдні високо, сходить на північному сході і заходить на північному заході. Узимку, навпаки, шлях Сонця по небу невисокий, схід — у південно-східній частині неба, захід — у південно-західній. Крім того, висота Сонця над горизонтом двічі на день буває однакова — до полудня і після полудня. Якщо година дня зовсім невідома, то залишається єдиний спосіб: спостерігати, чи вкорочуються тіні (до полудня), чи довшають (після полудня).

Можна орієнтуватись і по кишеньковому годиннику, що правильно показус час. Для цього годинник тримають у горизонтальному положенні так, щоб годинна стрілка була спрямована на Сонце. Віддаль між годинною стрілкою і цифрою *1* на циферблаті ділять пополам. Якщо через знайдену точку з центра циферблата подумки провести пряму лінію, вона покаже напрям тіні.

Навіть якщо небо закрите хмарами, іноді можна, оглянувши весь небозвід, знайти місце, яке все ж залишається найсвітлішим; тут знаходиться Сонце.

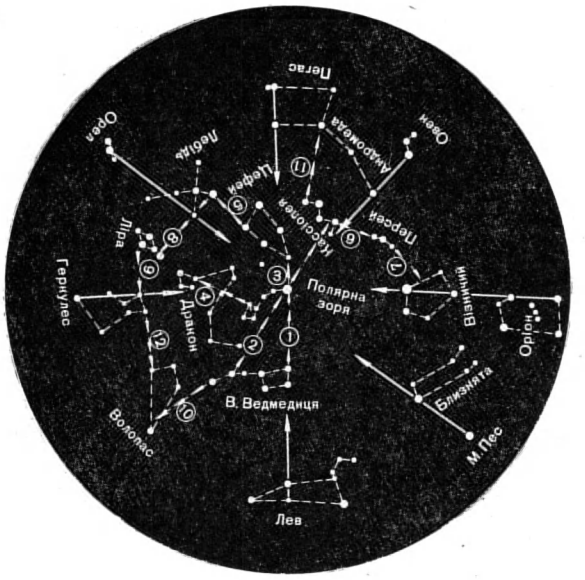


Як відшукати по Великій Ведмедиці і Полярній зорі близькі до них сузір'я.

Самий вигляд Місяця, його фази і положення на небі можуть допомогти в орієнтуванні. Коли Місяць у повні, він високо рухається по небозводу взимку і низько — улітку. За час від новомісяччя до повномісяччя, коли Місяць горбом звернений вправо, його видно у вечірні години в західній стороні небозводу, а від повномісяччя до новомісяччя — у східній. Наводимо таблицю видимості Місяця.

З вигляду Місяця можна визначити, в якій стороні від нього перебуває Сонце. Якщо горб

Фази Місяця	Час	Сторона небозводу
Молодий серп	Після заходу Сонця ввечері	Західна сторона
Перша чверть	Увечері до опівночі	Під час заходу Сонця — південна сторона, а коли пізніше, то південно-західна; заходить приблизно через 6 годин після Сонця
Повномісяччя	Усю ніч	Сходить, коли приблизно заходить Сонце. Опівночі перебуває в південній стороні. До опівночі — у південно-східній, після опівночі — у південно-західній
Остання чверть	З опівночі до ранку	Сходить приблизно за 6 годин до Сонця. Під час сходу видно в південній стороні
Старий серп	Уранці перед сходом Сонця	Східна сторона



Як по різних сузір'ях знайти Полярну зорю.

Місяця уявити собі як вигнутий лук з натягнутою тятивою, то стріла, накладена на середину тятиви, буде спрямована в сторону Сонця.

Можна орієнтуватись по зорях, для цього треба знайти по Великій Ведмедиці Полярну зорю. Під нею й буде точка півночі. Але небо не завжди буває цілком ясним. Іноді воно закрите хмарами, а в просвітах між ними видно інші сузір'я. Якщо пам'ятати головні сузір'я навколо Полярної зорі, то, помітивши в просвіті хмар одне з них, можна взнати, де приблизно має бути Полярна зоря. Якщо хмари пересуваються і відкриється інше сузір'я, зробіть таке саме визначення й по ньому, тоді точніше будете знати, де північ.

Полярну зорю можна знайти не тільки по двох зорях Великої Ведмедиці. На небі є багато зір, по лінії яких вона перебуває.

На зоряній карті (рис. вгорі) стрілками показано зорі сузір'їв, по яких можна знайти Полярну зорю. Це зручно при напівхмарному небі.

Крім того, можна орієнтуватись і по положенню цих сузір'їв над лінією горизонту. Якщо, наприклад, прямокутник Пегаса (див. рис. справа), Оріон, Лев видно з нахилом вліво, то вони перебувають у південно-східній частині небозводу, якщо стоять прямо — над південною точкою горизонту, якщо вправо — над південно-західною.

Якщо ви знаєте сузір'я, то завжди зможете орієнтуватись.

Як по положенню прямокутника Пегаса визначити напрям сторін горизонту.

ЯК ВИЗНАЧИТИ ЧАС ПО СОНЦЮ, МІСЯЦЮ І ЗОРЯХ

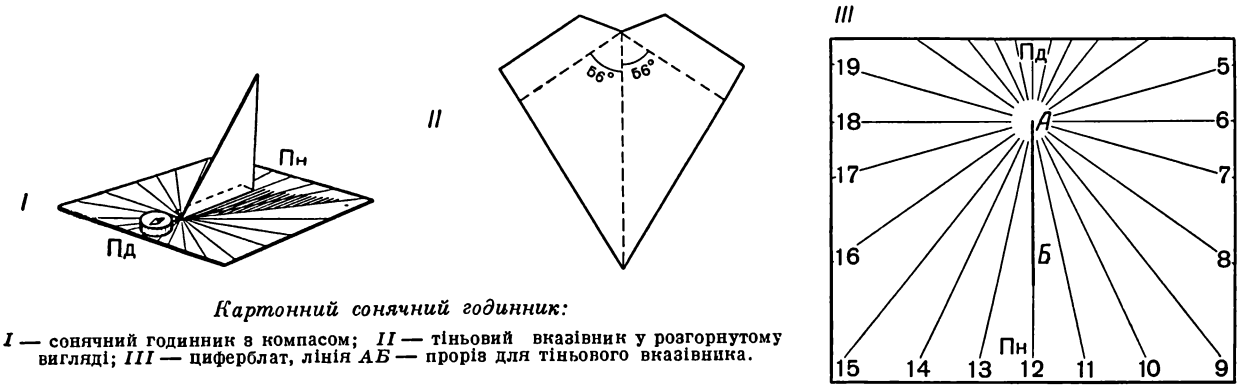
Л. М. Толстой розповідав, як селяни по висоті Сонця і довжині тіні влітку приблизно визначали час для відпочинку. По цих ознаках можна приблизно визначити час, якщо немає ні годинника, ні компаса. Якщо є компас або відомі напрями точок горизонту, то корисно зробити кишеньковий сонячний годинник з цупкого паперу такого розміру, щоб його можна було покласти в записну книжку. Виготовити такого годинника можна за нашою таблицею. Тіньовий вказівник зробіть з кутом, що відповідає широті того місця, де ви перебуваєте. На рисунку на стор. 511 зображено такий годинник для широти Москви.

Тримайте цей сонячний годинник горизонтально, поклавши на нього компас і відігнувши тіньозий вказівник. Повертайте циферблат доти, поки відмітка «12 година» не збіжиться з напрямом по компасу на північ. Тоді по тіні відлічіть час, але не забудьте, що це час місцевий, справжній, сонячний.

Якщо відомо годину дня, то цей самий кишеньковий сонячний годинник можна використовувати і для визначення напрямів точок горизонту. Коли немає компаса, повертайте на долоні годинник так, щоб тінь вказівника впала на те саме число годин, яке відоме по ручному годиннику.

По Місяцю теж можна приблизно визначити час. Користуючись правилом лука і стріли і видом фази Місяця, можна зміркувати, наскільки Сонце пішло під лінію горизонту. При цьому треба лінію добового руху Місяця подумки продовжити під горизонтом і пам'ятати, що в першу і в останню чверть Місяць перебуває на 90° від Сонця, у повномісяччя — на 180° і щодоби він пересувається відносно Сонця на 12°12′.

У різну пору року в південній половині небозводу буває видно не одні й ті самі сузір'я. Астрономи по зорях, які видно в напрямі на південь або пів-



Картонний сонячний годинник:

I — сонячний годинник з компасом; *II* — тіньовий вказівник у розгорнутому вигляді; *III* — циферблат, лінія *АБ* — прорів для тіньового вказівника.

ніч, дуже точно перевіряють годинники. Але для цього потрібні особливі інструменти та обчислення. Наближено можна визначити час по найвищому положенню сузір'їв, що оточують полюс світу.

У таблиці внизу показано пору року і те сузір'я, яке буває вище від інших опівночі. Щоб по сузір'ях відлічити годину ночі, треба на око визначити, на яку частку повного оберту відійшло (або не дійшло) від положення опівночі зазначене в таблиці сузір'я.

* * *

Отже, ви бачите, як багато цікавих спостережень над небесними світилами можна провести самим, користуючись найпростішими приладами та пристроями, виготовити які може при бажанні кожний школяр.

КУТИ ГОДИННИХ ЛІНІЙ З ПОЛУДНЕВОЮ ЛІНІЄЮ ДЛЯ ПОБУДОВИ СОНЯЧНОГО ГОДИННИКА

Число годин до або після полудня	Широта місця						
	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°
1	10	11	12	13	14	14½	14¾
2	20½	22	24	25¼	26¾	27½	28¼
3	33	35	37¼	39	40¾	42	43
4	48	50½	53	54¾	56¼	57½	58
5	67¼	69	70½	71½	72	72½	73
6	90	90	90	90	90	90	90
7	112¾	111	110½	108½	108	107½	107
8			127	125¼	123¾	122½	122
9					139¼	138	137½
10						152½	151¾
11							165¼
12							180

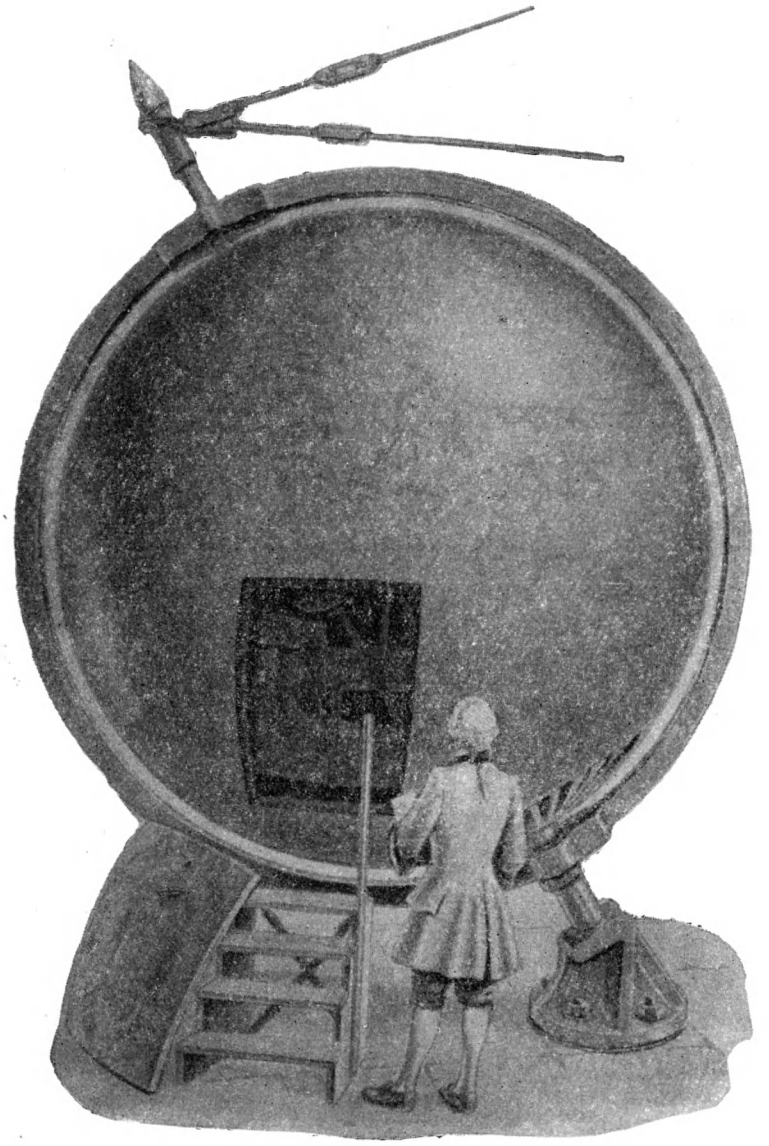
Опівночі

Пора року	Сузір'я		
	В. Ведмедиця	Кассіопея	Дракон (Голова Дракона)
Весна	Найвище положення (на південній стороні)	Біля найнижчого положення (над точкою півночі)	У східній стороні небозводу
Літо	У західній стороні небозводу (ручкою ковша догори)	У східній стороні небозводу	У найвищому положенні (над точкою півдня)
Осінь	Найнижче положення (у північній стороні)	Найвище положення (у південній стороні)	У західній стороні небозводу
Зима	У східній стороні небозводу (ручкою ковша донизу)	У західній стороні	У найнижчому положенні (у північній стороні)

ВЕЛИКИЙ СТАРОВИННИЙ ПЛАНЕТАРІЙ

У середині XVII ст. серед паперів знаменитого датського астронома Тіхо Браге (1546—1601) виявили проект великого глобуса, який може бути одночасно і глобусом і планетарієм. Голштінський[1] герцог Фрідріх Третій наказав за рисунком Браге спорудити такий глобус. Будували його десять років, з 1654 по 1664 р., під керівництвом відомого в той час ученого Адама Олеарія. Глобус установили в резиденції герцога — у Готторпському замку фортеці Тепінген. За назвою цього замку глобус почали називати Готторпським.

[1] *Голштінія* — колишнє герцогство в Північній Німеччині. Довгий час входило до складу Данії.



Готторпський глобус, який був одночасно планетарієм.

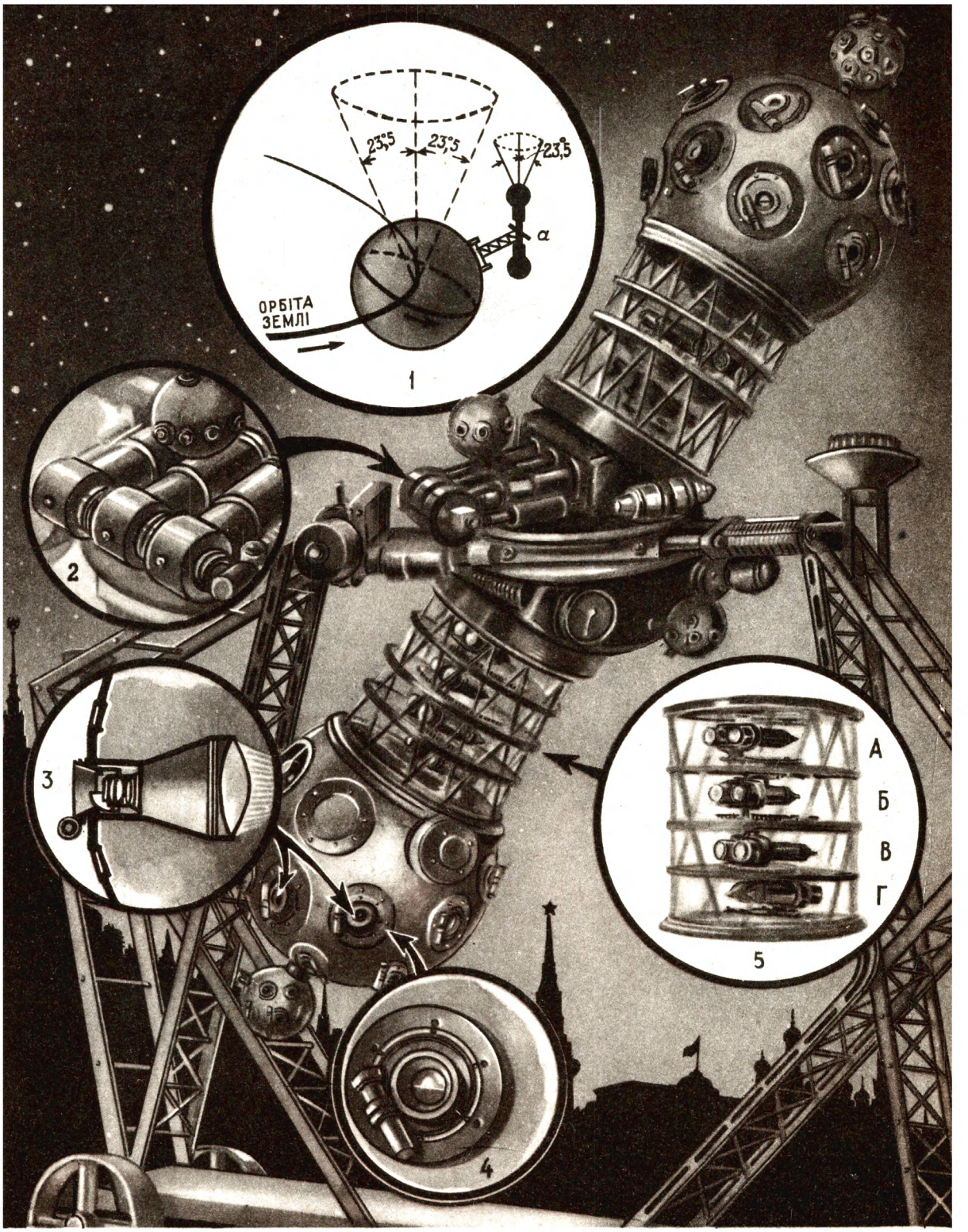
Цей глобус являв собою тонкостінну порожнисту кулю діаметром 11 футів (3,3 *м*). На зовнішній її поверхні були зображені материки, океани, моря, гори, рослинний покрив і найбільші населені пункти земної кулі, а на внутрішній — карта зоряного неба Північної і Південної півкуль. Зорі і планети позначили мідними цвяхами з позолоченими головками, а сузір'я обох півкуль — символічними рисунками, які були прийняті в астрономічній картографії того часу.

Усередині кулі на нерухомій залізній осі, яка проходила крізь неї, були укріплені круглий стіл і кільцева лава, на якій могло одночасно сидіти десять чоловік. У кулю заходили через прямокутний проріз, що закривався дверцями. За допомогою спеціального механізму, який був зв'язаний з водяним колесом, куля могла обертатися навколо нерухомої осі з різною швидкістю. Глядачі, сидячи на кільцевій лаві, могли спостерігати не тільки зоряне небо обох півкуль, а й добовий рух небесних світил, схід та захід їх і інші небесні явища.

Надзвичайні розміри Готторпського глобуса та його оригінальна будова привернули до нього увагу учених і багатьох любителів географії та астрономії. Незабаром його почали описувати в різних географічних і астрономічних творах.

У 1713 р. російські війська звільнили від шведів Голштінію. Щоб подивитись дивовижний глобус, Петро I спеціально побував у Готторпському замку. Глобус цареві дуже сподобався. Глава голштінського уряду, опікун малолітнього герцога, вирішив подарувати його Петрові I, щоб

Зал для глядачів планетарію.



Апарат «планетарій».

1. Вісь Землі утворює в наш час з площиною екватора кут 23°5 . Цей кут дуже повільно (протягом десятків років) змінюється. Один з моторів апарата „планетарій" дає можливість побачити це явище. *2.* Мотори добового і річного руху небесних тіл. *3.* Проектор ділянки зоряного неба. *4.* Гвинтовий проектор і автоматична заслінка по горизонту. *5. А.* Меркурій. *Б.* Венера.

виявити цим подяку за визволення герцогства від шведів.

Щоб перевезти Готторпський глобус до Петербурга, треба було подолати величезні труднощі й затратити багато коштів. Глобус везли по воді й суші. Щоб перевезти такий великий за об'ємом і вагою вантаж, довелося виготовити спеціальну машину, укріплювати грунтові й розширювати лісові дороги.

У Петербурзі глобус спочатку встановили у «Звіровому дворі» — приміщенні, яке було збудовано для слона, привезеного з Персії (Ірану). Потім для глобуса збудували спеціальний павільйон, де Готторпський глобус кілька років демонстрували петербурзькій публіці.

Астрономія й до цього цікавила освічених російських людей. На склепінчастих стелях царського палацу в Московському Кремлі було зображено зоряне небо — «лунное течение, солнце, месяц и звезды».

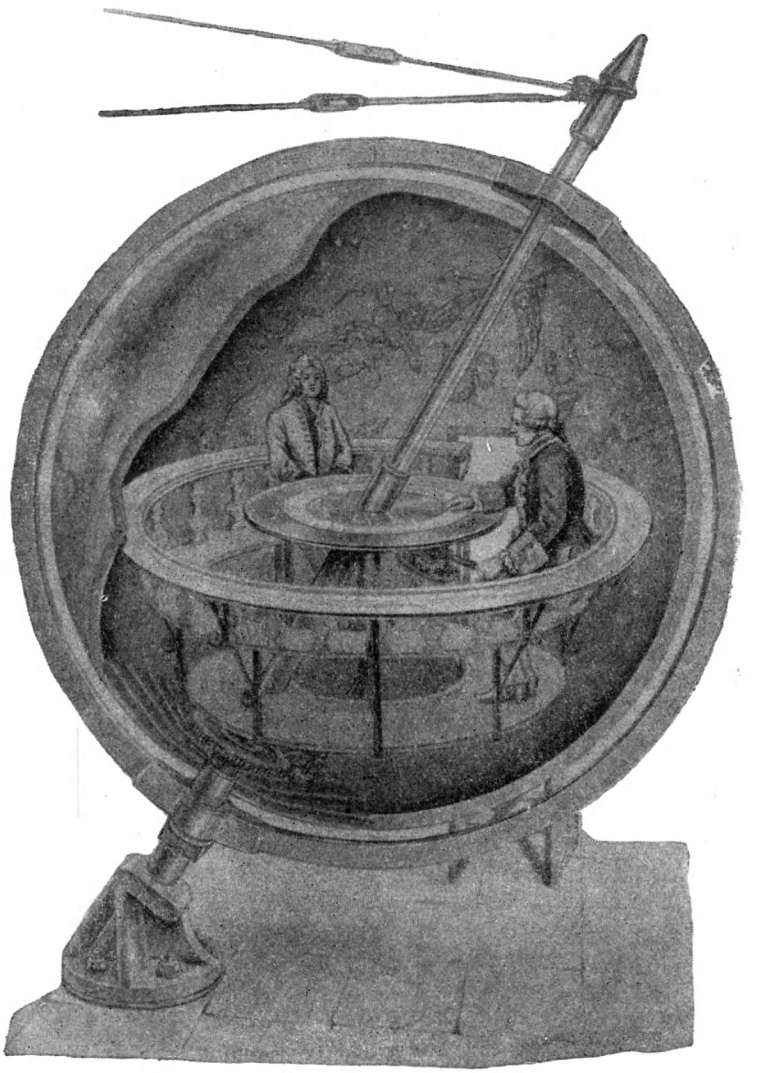
Наприкінці XVII ст. в Росії вже були відомі моделі сонячної системи, так звані а р м і л я р н і с ф е р и, а на початку XVIII ст. було видано дві настінні зоряні карти.

Готторпський глобус викликав у петербуржців великий інтерес. Особливо охоче відвідувачі оглядали внутрішню поверхню глобуса. У Готторпському замку глобус обертався за допомогою водяного колеса, а в Петербурзі його обертали вручну через спеціальний передавальний механізм.

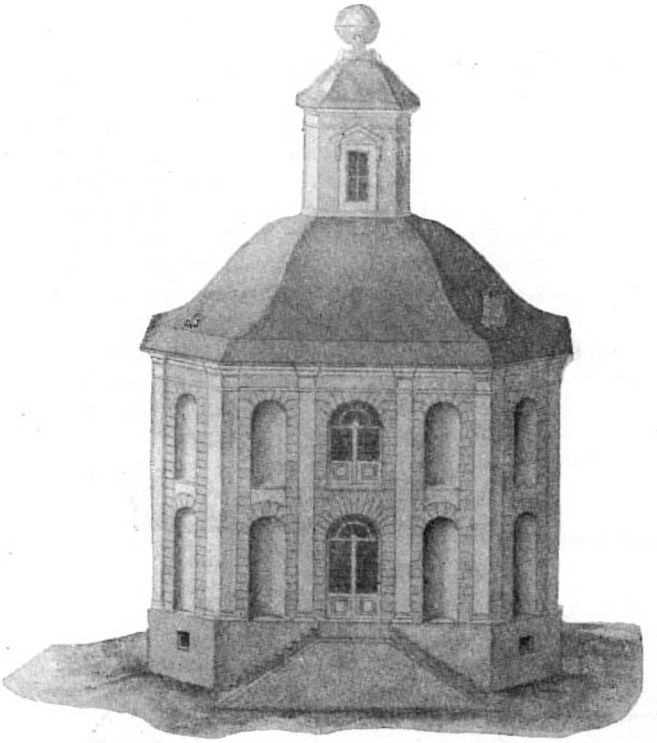
У 1725 р. було засновано Петербурзьку академію наук, у розпорядження якої передали Готторпський глобус. У 1726 р. його встановили в круглому залі третього поверху ще не добудованої кунсткамери. Внутрішнє опорядження приміщення кунсткамери затяглося на багато років, через що довгий час глобус був недоступний для огляду. Тільки з другої половини 30-х і особливо з початку 40-х років його почали більш-менш регулярно показувати публіці, яка відвідувала кунсткамеру.

У 1747 р. у приміщенні кунсткамери сталась велика пожежа. Разом з іншими дуже цінними експонатами згорів і Готторпський глобус. Розповідаючи про цю пожежу, Ломоносов писав, що від великого глобуса «цілим нічого не лишилось, крім старих його дверей, які лежали внизу в погребі». Незабаром після пожежі Академія наук ухвалила «спорудити другу, однакової величини з першою кулю». Було запропоновано два проекти: один — використати конструкцію згорілого Готторпського глобуса, трохи її вдосконаливши, другий — зробити кулю нового глобуса суцільнометалевою, виливши його з «гарматної міді». Прийнято було перший проект.

Для виготовлення глобуса запросили «компасної і інструментальної справи майстра» англійця Бенжамена Скотта, який працював



Внутрішній вигляд Готторпського глобуса-планетарія.



Глобусний покій — павільйон, збудований в Петербурзі у XVIII ст. для глобуса Скотта — Тірютіна.

в Адміралтейській колегії. Але незабаром з'ясувалося, що Скотт сам виконати цю роботу не зможе. Йому дали помічника — талановитого майстра наукових інструментів Ф. Н. Тірютіна. На початку 1751 р. Скотт помер, і Тірютін сам закінчив виготовлення глобуса.

Ця робота була для Тірютіна дуже важкою не тільки через її складність, а й через те, що в нього не було верстатів для обробки великих деталей. Тепер такі деталі обробляються на верстатах — стругальних, фрезерних і токарних, а Тірютін виготовляв деталі вручну. У своїх спогадах він писав: «И во оное время обращался я в моих трудах, не имея ни для каких торжественных праздников покою и свободы, даже по самое окончание оного глобуса отделки». У 1752 р. Тірютін закінчив виготовлення самого глобуса, механізму, що його обертав, і меридіана, склав і встановив весь глобус у спеціально збудованому павільйоні.

Установлювати новий глобус там, де містився Готторпський — у кунсткамері, було не просто. Для цього довелося б розбирати стіни будинку. Тому вирішили збудувати спеціальний павільйон. Його поставили в центрі площі перед будинком Дванадцяти колегій (тепер будинок Ленінградського державного університету). У XVIII ст. цей павільйон називали звичайно Глобусним покоєм. Він являв собою восьмикутну кам'яну споруду з високим дахом, що закінчувався ліхтарем. Всередині Глобусного покою був просторий двосвітний зал з галереєю вздовж стін.

На зовнішній стороні установленої в павільйоні кулі-глобуса треба було нанести ще карту земної поверхні, а на внутрішній — зоряного неба. Це доручили Географічному департаменту Академії наук, що перебував «под смотрением» М. В. Ломоносова. Безпосереднім виконавцем був видатний російський картограф того часу І. Ф. Трускотт, а керівником — сам М. В. Ломоносов. Цю роботу було цілком закінчено тільки в 1754 р.

Новий глобус виготовили з листової міді і обклеїли папером. Куля глобуса була «оббита мідними листами, поверх яких обшита деревом і вкрита клейонкою». Обидві карти нового глобуса намалювали олійними фарбами. Фон зовнішньої карти зробили блідо-голубим (колір морів та океанів), а внутрішньої — яскраво-голубим («лазуревим»). Ці карти зробили повнішими й точнішими, ніж на Готторпському глобусі. Значно майстерніше зроблені були з зеленої міді «горизонт і меридіан, або полуденник».

Новий глобус назвали Великим академічним глобусом. Він привернув до себе загальну увагу. Його з інтересом оглядали і петербуржці, і заїжджі люди. Академія наук широко використала Великий академічний глобус для навчання географії та астрономії студентів академічної гімназії та університету. Навчались на ньому і штурмани Адміралтейської колегії та геодезисти Межової канцелярії, які періодично прикомандировувались до Академії наук для підвищення кваліфікації.

В інших країнах не було таких великих глобусів та ще з планетарієм усередині. Тому Великий академічний глобус був диковинкою і для іноземців, які відвідували Петербург. Багато іноземних учених, письменників, моряків, що побували в Росії, залишили в описах своїх подорожей захоплені відзиви про цей глобус.

Великий академічний глобус простояв у Глобусному покої до 1829 р. і був перенесений в новий будинок музею Академії наук на Університетській набережній Васильївського острова. У 1901 р. Академія наук продала гло-

бус Управлінню царськосельськими палацами і парками. Глобус установили в царськосельському Адміралтействі. В останні десятиріччя перебування в музеї Академії наук і перші 20 років — у царськосельському Адміралтействі глобус був майже недоступний для широкої публіки. Лише після Жовтневої революції, коли культурні цінності минулого перейшли до рук їх справжнього хазяїна — народу, Великий академічний глобус почали широко демонструвати трудящим. На цей час значення його набрало трохи іншого характеру. Наукові знання з астрономії та фізичної географії розширились. Глобус вже дуже відставав від успіхів науки. Він став пам'яткою техніки і науки XVIII ст.

У роки Великої Вітчизняної війни м. Пушкін (колишнє Царське Село) тимчасово окупували ворожі війська. Коли в 1944 р. Радянська Армія визволила м. Пушкін від окупантів, у будинку Адміралтейства глобуса не виявили. Лише в 1947 р. стало відомо, що він у Німеччині, у м. Любеку. Грабуючи Радянську країну, гітлерівські загарбники вивезли глобус разом з іншими пам'ятками російської національної культури. Того ж 1947 р. глобус повернули Радянському Союзові. Його доставили водним шляхом до Мурманська, а звідси залізницею — до Ленінграда.

Академія наук СРСР передала глобус Музею М. В. Ломоносова, якому відвели частину будинку колишньої кунсткамери. Тепер глобус міститься на п'ятому поверсі башти кунсткамери. Для його встановлення довелось розібрати одну із стін башти.

Щоб читач наочніше уявив собі, яку чудову пам'ятку наукового минулого ми маємо, наводимо точні розміри Великого академічного глобуса: зовнішній діаметр — 3 *м* 10 *см*, внутрішній — 2 *м* 95 *см*; площа зовнішньої поверхні, на якій нанесено карту Землі, дорівнює 30,1 $м^2$, площа внутрішньої поверхні, на якій зображено зоряне небо,— 27,3 $м^2$. Великий академічний глобус збудовано понад двісті років тому. Він був одним з перших у світі планетаріїв.

ПЛАНЕТАРІЙ

ШТУЧНЕ НЕБО

Порівняйте карту півкуль і глобус. Де поверхня Землі зображена точніше? Звичайно, на глобусі. А чому?

Спробуйте розгладити на поверхні стола клаптик зіпсованого м'ячика або шкаралупу апельсина. Вам це не вдасться: або кінчики трохи піднімуться над площиною стола, або горбом стане середина клаптя.

Земля — кулясте тіло. Тому будь-яка географічна карта зображає поверхню Землі не цілком точно, з неминучими спотвореннями. Найближчу копію — модель земної кулі — дає глобус.

Зоряне небо ми теж бачимо у вигляді купола або півкулі. Зобразити його на плоскій карті без спотворень неможливо, як і півкулю Землі. Точнішу модель зоряного неба дає небесний глобус. Проте на такому глобусі не можна показати ні Сонця, ні Місяця, ні планет, бо їх положення серед зір безперервно змінюється. Є інший шлях.

Наше око на великій віддалі не вловлює, який з окремих предметів ближче, який — далі. Саме через те нам здається, що всі зорі і планети перебувають на однаковій віддалі від Землі, вони ніби лежать на внутрішній поверхні кулі, в центрі якої знаходимося ми.

Цей обман зору і дав змогу збудувати планетарій — найточнішу модель розташування всіх видимих неозброєним оком небесних світил, а також їх рухів, які можна спостерігати з Землі. Планетарій винайшов в Німеччині конструктор Бауерсфельд, а виготовили його на заводі Цейса.

Часто планетарій називають «зоряним будинком» «або зоряним театром», але це дуже своєрідний театр. У залі, круглому, як цирк, сцена міститься над глядачами у вигляді угнутої півкулі. На цьому полотняному куполі, як на кіноекрані, показують Сонце і Місяць, планети і зорі, комети і метеори.

Хто хоч раз побував у планетарії, ніколи не забуде того величного видовища, коли в непроглядній темряві раптом спалахують яск-

раві іскрометні зорі. Купола вже не видно, і здається, ніби ви місячної ночі раптом опинились серед широкого поля, а над вами в безхмарному небі тисячами вогників мерехтять зорі.

Мимоволі пригадуєш захоплені рядки великого російського вченого Михайла Васильовича Ломоносова:

Открылась бездна, звезд полна,
Звездам числа нет, бездне — дна!

Штучне небо планетарія показує не тільки самі світила, які видно неозброєним оком, а й рух їх, до того ж з чудесною швидкістю: доба і роки, навіть тисячоліття минають за лічені хвилини. Як же вдалося здійснити це «чудо»?

МАШИНА ЧАСУ

Посередині залу для глядачів планетарія височить складний апарат, який зовні нагадує величезну гімнастичну гирю з двома кулями. У центрі кожної кулі встановлено сліпуче-яскраву лампу на тисячу свічок; зокола її не видно, блищать тільки стекла — об'єктиви 16 проекційних ліхтарів. Під цими стеклами укріплено тонкі металеві пластинки з круглими і дрібними отворами (деякі з них такі малі, як отвір від проколу голкою).

Ви, певно, догадуєтесь, що світло лампи, проходячи крізь ці отвори, і створює на штучному небі планетарія світлі кружечки — зображення небесних світил. Не думайте, що це так просто.

Кожний ліхтар «відає» тільки своїм небесним районом, а на пластинці кожного ліхтаря просвердлено понад сотню отворів; треба розмістити всі ці отвори точнісінько так, як розташовані на небі справжні зорі. При цьому необхідно дуже точно розрахувати і величину кожного отвору: чим він більший, тим яскравіше сяє відповідна зоря на небі планетарія.

«Зорям ліку немає»,— писав Ломоносов, і це правильно: їх безліч у Всесвіті. Але якщо у вас навіть дуже гострий зір, то все-таки неозброєним оком ви побачите в Північній півкулі близько 3000 зір, не більше. Усі ці зорі апарат «планетарій» показує за допомогою однієї кулі.

Навіщо ж потрібна друга куля?

У будь-яку місячну ніч ви можете побачити Велику і Малу Ведмедиці, Цефей, Кассіопею — багато сузір'їв нашого неба, але є ще й інші сузір'я, яких ніколи не видно у нас, у Північній півкулі Землі. Ці сузір'я можна спостерігати тільки в Південній півкулі. Таку подорож ви можете зробити в планетарії: невидимі у нас сузір'я разом з деякими видимими показує друга півкуля апарата.

Придивіться уважно до апарата (рис., стор. 512—513). На кожній з великих куль ви помітите маленьку, а в ній — 16 ліхтарів. Коли вмикають світло лампи всередині цієї маленької кулі, на штучному небі виникають назви сузір'їв — небесне склепіння перетворюється в наочну зоряну карту.

Мало того, небо планетарія можна «оживити», примусивши світила переміщатись далеко швидше, ніж ми спостерігаємо на справжньому небі. Саме в цьому і полягає головна цінність апарата «планетарій»: він показує, як рухаються небесні світила протягом доби чи року, до того ж для будь-якого місця на Землі.

Треба тільки пам'ятати, що Земля обертається навколо уявної осі, а нам здається, що Сонце і зорі крутяться навколо нашої планети. На штучному небі ми бачимо ці рухи так само, як спостерігаємо їх з Землі. Тому не дивуйтесь, коли ви будете далі читати про шлях зір чи Сонця по небу: мова йтиме не про дійсні, а про видимі рухи.

Наша планета обертається навколо Сонця, і в різні пори року змінюється вигляд нічного неба: показуються сузір'я, яких не було видно, зникають ті, які було видно раніше. При цьому зорі не змінюють свого взаємного розташування, тому всі 16 ліхтарів, що зображають видимі зорі, вмістили в одну кулю.

Але як бути з Сонцем? Хоч воно, як і зорі, протягом доби рухається по небу із сходу на захід, але протягом року Сонце робить ще один рух: переміщається на фоні зір у протилежний бік — з заходу на схід.

Сонце щомісяця переходить від одного з 12 сузір'їв зодіаку (див. стор. 330) до другого. Крім того, ми не бачимо Сонця вночі, коли небо усіяне зорями, а зір не видно при денному світлі.

Зрозуміло, що для Сонця потрібен свій, особливий ліхтар, який не залежить від великих куль апарата «планетарій». Так воно й зроблено. Але це нітрохи не заважає показувати в планетарії Сонце серед зір; навпаки, саме така будова й дає змогу спостерігати нічне переміщення нашого денного світила серед 12 сузір'їв зодіаку. У планетарії Сонце

досить тьмяне, воно не сліпить очей і не заважає бачити зорі.

Ще складніші спостережувані з Землі рухи Місяця і п'яти планет — Меркурія, Венери, Марса, Юпітера і Сатурна, доступних неозброєному оку. Для кожного з цих світил, як і для Сонця, потрібні окремі ліхтарі. Усі вони розміщені між великими кулями апарата. У центральній частині апарата встановлений двигун — і не один: сім електричних моторів керують рухом складного апарата, примушуючи окремі його частини або весь апарат обертатись з різною швидкістю і в різних напрямах — згори вниз, справа наліво, за годинниковою стрілкою і проти неї.

Користуючись одним мотором, що обертає апарат, можна показати, як пересуваються по небозводу світила протягом доби. Але замість 24 годин цей рух світил відбувається лише за 4 хвилини, тобто перебіг часу немов прискорюється в 360 раз. Другий мотор дає змогу показати цей самий добовий рух світил за 1 хвилину, прискорюючи його в 1440 раз.

Ви, певно, бачили в кінокартинах, як розквітає бутон троянди, швидко розкриваючи свої ніжні пелюстки. Кіноапарат, прискорюючи це явище в сотні разів, скорочує години до секунд. Цей самий прийом використано і в апараті «планетарій», де показують рух небесних світил: годинне їх переміщення промайне перед вами за $2^1/_2$ секунди. Але можливості нашого апарата — своєрідної «машини часу» — цим не обмежені.

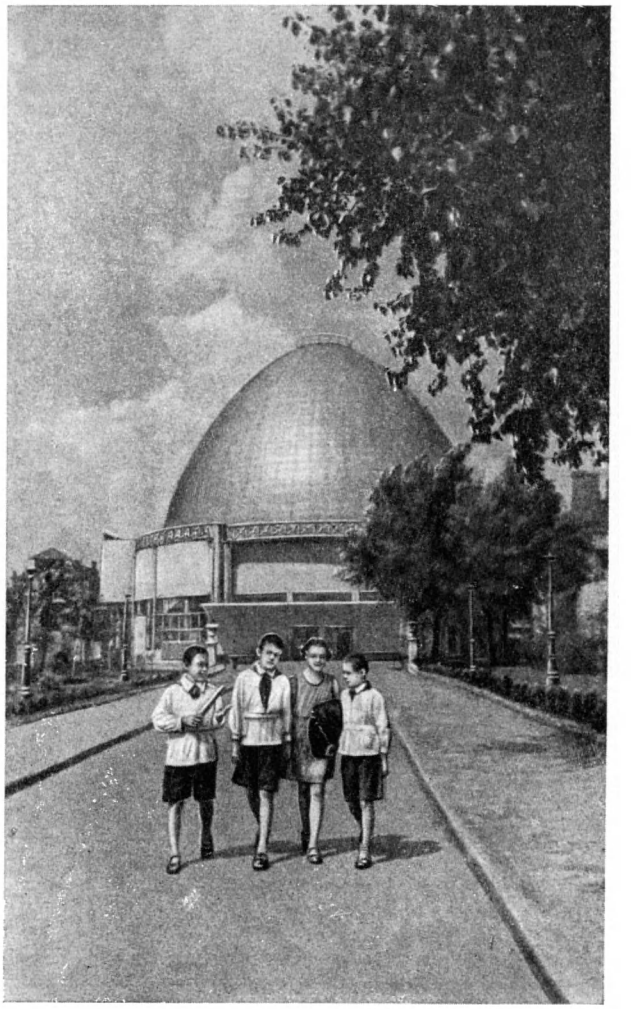
Крім двох моторів добового руху, в апараті встановлено ще три мотори річного руху Сонця, Місяця і планет. Один мотор «скорочує» рік до 4 хвилин, другий — до 1 хвилини, а третій — навіть до 7 секунд.

Ви тільки подумайте, що це означає: 1 рік за 7 секунд: біг часу ніби прискорюється більш як у 4 000 000 раз!

Цей чудесний прискорювач допомагає зрозуміти багато «небесних таємниць», роз'яснити загадкові рухи планет, показати річний шлях Сонця з відмінною наочністю, яка недоступна при безпосередніх спостереженнях.

На зоряному небі планетарія з'являється широкий світлий півкруг з назвами і числами місяців. Біля сузір'їв, розташованих по колу, з'являються їх назви: Близнята, Рак, Лев, Діва, Терези, Скорпіон — небо перетворюється в зоряну карту-календар.

І от серед зір показується Сонце. Воно рухається в сузір'ї Близнят, і по світному календарю ви бачите, що Сонце підійшло до



Московський планетарій.

22 червня. У цей день воно найвище піднімається на небі в Північній півкулі, і в нас починається так зване астрономічне літо.

Сонце продовжує свій шлях далі по світлому кругу календаря: у липні переходить у сузір'я Рака, потім Лева, спускаючись все нижче до горизонту, і найнижчої точки досягає в сузір'ї Стрільця. Гляньте на небесний календар: 22 грудня настає астрономічна зима.

За дві хвилини ви «прожили» півроку, спостерігаючи швидке переміщення Сонця серед сузір'їв, яке відбувається повільно і поступово протягом шести місяців.

Ще цікавіший і повчальніший річний рух планет, який на небі планетарія промайне перед вами за одну хвилину.

Астрономічний майданчик Московського планетарія.

Спочатку вам покажуть короткий кінофільм, що зображає справжній рух планет навколо Сонця в просторі: поспішно крутиться навколо центрального світила в'юнкий Меркурій, досить швидко кружляють Венера, Земля, Марс, і повільно, ніби зберігаючи гордовиту гідність, обертаються по своїх шляхах-орбітах гіганти нашої сонячної системи — Юпітер і Сатурн.

Потім ви побачите рисунок, який роз'яснює, як обертання планети Марс сприймається з Землі і чому нам здається, що планети в своєму русі навколо Сонця описують якісь химерні петлі. На небі планетарія одразу стає зрозумілою ця загадка, яка протягом тисячоліть бентежила і вводила в оману астрономів, поки геніальний син польського народу Миколай Коперник не зробив свого великого відкриття.

Планетарій може показати ще одне дивне небесне явище, яке безпосередньо спостерігати не можна, бо для цього треба було б прожити багато тисячоліть. Справа в тому, що вісь Землі не займає завжди один і той самий напрям у світовому просторі. Цей напрям дуже повільно змінюється, і тільки астрономи можуть виміряти мізерно мале відхилення земної осі в світовому просторі за рік.

Але минуть десятки століть, Північний полюс Землі все далі відходитиме від Полярної зорі і Малої Ведмедиці до сузір'я Цефея, потім почне віддалятись і від нього; через 13 000 років для наших далеких нащадків «полярною» буде вже яскрава зоря Вега в сузір'ї Ліри.

На той час невпізнанно зміниться вигляд нічного неба: яскравого пояса Оріона не буде вже видно у нас, зате щоночі почне сходити і заходити сузір'я Південного Хреста; усе видиме небесне склепіння зсунеться, немов шапка, надіта набакир. А ще через 13 000 років вісь нашої планети знову займе теперішній напрям у світовому просторі.

Це повільне — протягом 26 000 років — переміщення осі добового обертання всього зоря-

ного неба ви побачите в планетарії: шостий мотор апарата «ущільнить» низку тисячоліть до чотирьох хвилин.

Апарат дає не тільки своєрідну «владу над часом». Ви можете за кілька хвилин «переселитись» у будь-яке місце Землі на сотні й тисячі кілометрів. Сьомий мотор, повертаючи апарат навколо його горизонтальної осі, показує вигляд небозводу на будь-якій географічній широті. Завдяки цьому ви, спокійно сидячи в залі для глядачів, можете швидко зробити кругосвітню подорож.

Почнемо її в Москві 22 червня.

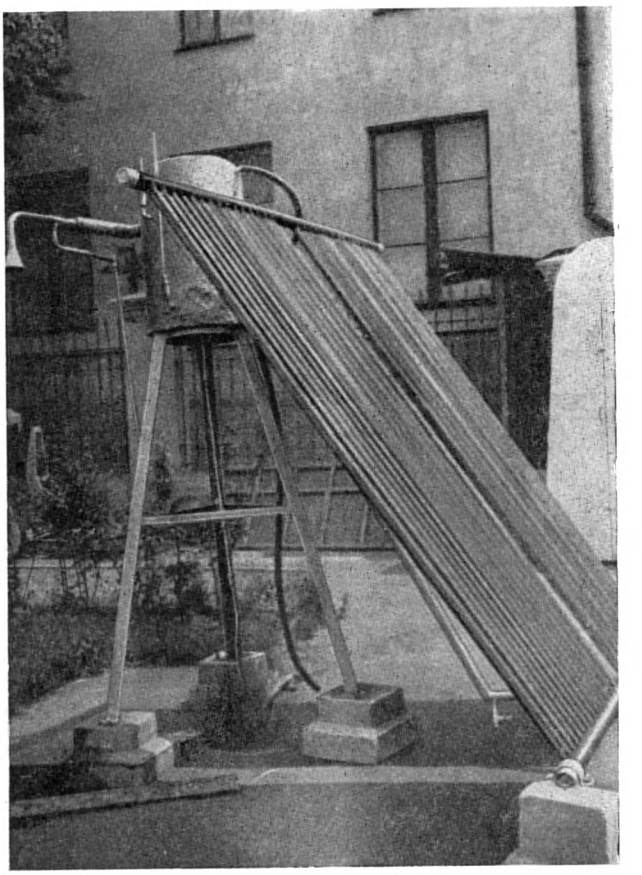
На фоні зоряного неба виникає світла лінія небесного меридіана, поділена на градуси, і показується Сонце; опівдні 22 червня воно стоїть на небі Москви приблизно на 56° над горизонтом. Щоб вам легше було стежити за своєю подорожжю, посередині купола в невеликому вікні пересувається географічна карта. Вона показує шлях вашого польоту вздовж московського меридіана.

Ви мчите на північ, пролітаючи 100 *км* за секунду — у 6000 раз швидше, ніж рухається скорий поїзд. Ось вже відходять на південь Москва, Ярославль, Вологда, показується Архангельськ. Чим далі просуваєтеся ви на північ, тим нижче схиляється до горизонту Сонце і вище піднімається Полярна зоря.

Дивіться на карту: розставшись біля Архангельська з сушею, ви вже летите над океаном. Ось промайнув о-в Рудольфа, а ви просуваєтеся все далі й далі над просторами Радянської Арктики. Дедалі вище піднімається Полярна зоря, вона вже майже над головою, у зеніті. А Сонце? Воно трохи вище 23° над горизонтом. Ви — на Північному полюсі. Скористайтеся з цього, щоб подивитись, як химерно поводять себе тут небесні світила протягом доби і протягом року.

Погасли зорі на полярному небі планетарія, а Сонце рушило по зовсім незвичному шляху: ніде не опускаючись, воно пройшло повне коло над горизонтом і повернулось на старе місце. Ви «прожили» цілу добу на полюсі, а Сонце навіть на мить не покинуло неба: ви спостерігали Сонце Арктики, яке не заходить улітку. У планетарії ви можете пробути на полюсі цілий рік і побачити ще дивніші явища.

Ми говоримо: «День і ніч — доба з пліч». На полюсі цього не можна сказати. Тут найдовша доба: «День і ніч разом тривають цілий рік». Сонце сходить тільки один раз на рік, 21 березня, і, описуючи кола над горизонтом, піднімається все вище, немов по спіралі, до 22 червня, а потім починає так само повільно опускатись; 23 вересня воно на півроку заходить за горизонт, і 6 місяців триває ніч.



Воду для цього душу нагрівають сонячною установкою.

На небі планетарія знов спалахують зорі, але їх рух знов-таки незвичний. На полюсі зорі не сходять і не заходять: кожна з них проходить свій коловий шлях по небу, завжди на одній і тій самій віддалі від горизонту.

Темряву довгої арктичної ночі розсіюють не тільки зорі: тут кожний місяць протягом двох тижнів безперервно світить, не заходячи, Місяць. А час від часу на небі загоряються напрочуд красиві полярні сяйва у вигляді різнокольорового проміння або завіс, що примхливо звиваються.

За дві хвилини ви можете зробити подорож з Північного полюса на екватор. Тут вас знов вразить незвичайне видовище. Ніколи так високо не піднімається Сонце в Москві, як на екваторі, а двічі на рік — 21 березня і 23 вересня — воно стоїть прямо над голо-

Сонячний годинник на астрономічному майданчику планетарія.

вою, у зеніті. Тут панує безперервне літо; щодня рівно 12 годин Сонце не покидає неба, посилаючи своє пекуче проміння на Землю.

День на екваторі завжди дорівнює ночі, а нічне небо зовсім мало схоже на наше.

Заходить Сонце під горизонт, і починається тропічна ніч. Небо освітилось невидимими у нас сузір'ями, і рухаються вони не із сходу на південь і з півдня на захід, а піднімаються прямо вгору і так само «круто» спускаються вниз, до горизонту, на заході. Тільки на півночі, майже біля самого горизонту, майорить Полярна зоря.

У планетарії ви можете зробити багато інших захопливих подорожей: на Місяць і по сонячній системі, «екскурсію» у світ зір, ближче ознайомитися з тим куточком безмежного Всесвіту — Галактикою, де зовсім скромне місце займає вся наша сонячна система.

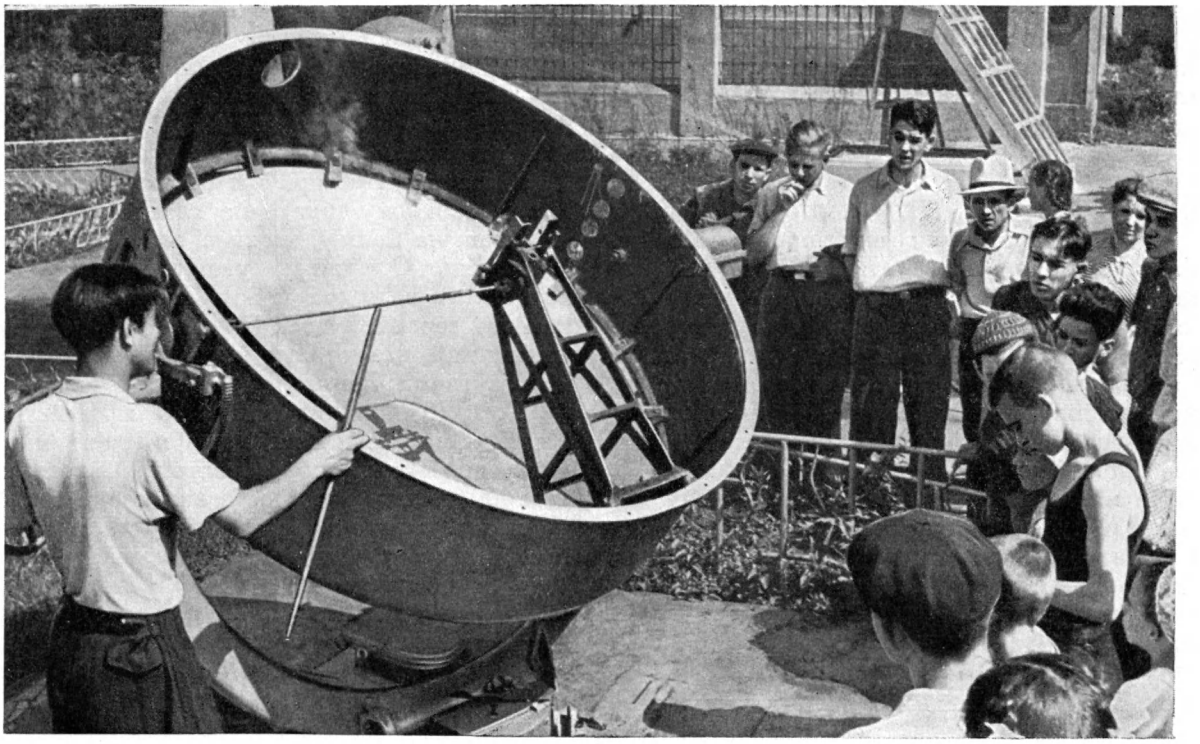
МОСКОВСЬКИЙ ПЛАНЕТАРІЙ

Напередодні дванадцятої річниці Великої Жовтневої соціалістичної революції, 5 листопада 1929 р., відкрився перший в СРСР — Московський планетарій; з того часу тут побували мільйони глядачів. Кого тільки не зустрінеш у круглому будинку зоряного театру! Школярі і студенти, уральські металурги і узбецькі хлопкороби, гості з Китаю і Кореї, з Болгарії, Угорщини, Румунії, Чехословаччини й інших країн світу.

Як і раніше, у центрі залу для глядачів височить «машина часу», але працівники планетарія вдосконалили її і оновили численними винаходами.

Апарат не показував таких цікавих і рідких явищ природи, як сонячні та місяцеві затемнення. Тепер ви можете спостерігати їх у планетарії в будь-який час і в будь-якому вигляді: часткове і повне затемнення Місяця, часткове, повне і кільцеподібне затемнення Сонця; ви можете побачити і сонячну корону.

Мало кому вдавалось бачити комети. Найвідоміша з них — комета Галлея — останній раз наблизилась до Сонця в 1910 р. і знов повернеться лише в 1986 р. Але вам немає потреби чекати десятки років: у планетарії можна побачити і цю і інші комети, що рухаю-



Сонячна установка для плавлення металів.

ться по своїх орбітах навколо Сонця. На ваших очах ледве примітна туманна плямочка в небі планетарія почне швидко рости і світлішати, перетворюючись в яскраву зорю з примхливим довгим хвостом.

Нові апарати показують метеори та полярні сяйва; штучне небо оживляється мерехтінням зір і повільним рухом хмар. Кожна лекція закінчується красивим видовищем сходу Сонця: повільно меркнуть зорі, на сході крізь легкий серпанок прозорих хмар проливаються перші промені зірниці, забарвлюючи м'яким рожевим світлом горизонт; ось вже над ним показується червоний краєчок Сонця, сповіщаючи про настання нового дня.

Безперервно оновлюються і збагачуються теми лекцій у планетарії. Навіть людині, яка обізнана з астрономією, цікаво подивитись кольористі діапозитиви та кінофільми, що наочно роз'яснюють будову Всесвіту, «народження» і розвиток зір, способи вивчення небесних світил.

Московський планетарій проводить, крім популярних, ще й навчальні лекції. Їх теми і зміст погоджені з шкільними програмами і допомагають учням краще засвоїти багато розділів географії, фізики, астрономії. А ті школярі, яких особливо зацікавить астрономія, можуть працювати в гуртках юних любителів астрономії.

Поруч з планетарієм міститься прекрасно обладнаний астрономічний майданчик. Тут привертають увагу величезні, вище за зріст людини, глобуси — земний і небесний, метеорологічні прилади, астрономічні інструменти.

Великий апарат — т е л у р і й відтворює два основних рухи Землі: навколо осі і навколо Сонця — і наочно показує, як змінюється нахил сонячних променів на різних широтах нашої планети в різні місяці.

Улітку в жаркі дні цікаво подивитись, як працює «сонячна станція»: велике угнуте дзеркало нагріває воду в котлі і надає руху паровій турбіні; друге дзеркало плавить метал, третє — підігріває воду.

На майданчику можна довідатись, як визначають точний час, і перевірити свої навички в астрономічних спостереженнях: стежачи за рухом штучної зірочки, ви повинні точно вловити момент її проходження через московський меридіан. Якщо вам це не вдасться, не засмучуйтесь: навіть досвідчені спостерігачі не

завжди можуть досягти ідеальної точності. Тому радянський учений М. Н. Павлов винайшов дуже точний спосіб автоматичної реєстрації за допомогою фотоелемента моменту проходження зорі через меридіан. Завдяки цьому винаходові і деяким іншим радянська Служба часу стала однією з найкращих у світі.

На астрономічному майданчику відвідувачі планетарія знайомляться і з другим визначним радянським винаходом — менісковим телескопом. Його створив видатний винахідник Д. Д. Максутов. Цей інструмент навіть при невеликих розмірах дає значне збільшення і далеко чіткіше зображення небесних тіл, ніж будь-який інший телескоп.

На майданчику встановлено величезну армілярну сферу. Ця досить складна споруда наочно показує уявні лінії на небесному склепінні — екватор, екліптику, меридіан, які допомагають астрономам вивчати рухи небесних світил. На армілярній сфері ясно видно шлях Сонця протягом року, і в будь-який день можна вказати, де перебувають Сонце, Місяць і всі планети.

Найпочесніше місце на майданчику займає невелика башта з обертовим куполом — астрономічна обсерваторія планетарія з прекрасним телескопом-рефрактором.

В ясні дні і вечори тут багато нетерплячих гостей, кожному цікаво на власні очі побачити плями на Сонці і місяцеві гори з округлими кратерами. Особливою увагою користуються планети: у телескоп можна спостерігати фази Венери, червоний диск Марса, Юпітера з його «місяцями», кільце Сатурна і, звичайно, штучні супутники Землі.

Крім Москви, планетарії є в Ленінграді, Києві, Горькому, Волгограді й інших містах. Вони показують (крім Волгоградського планетарія) не так багато небесних явищ, як Московський планетарій, але вже стали кращими друзями школярів і всіх людей, які люблять астрономію. Без перебільшення можна сказати, що в жодній країні немає стільки планетаріїв і ніде не пропагують так широко астрономічні знання, як у Радянському Союзі.

Довідковий відділ

ОСНОВНІ ДАНІ ПРО НЕБЕСНІ ТІЛА

АСТРОНОМІЧНІ ЗНАКИ

ЗНАКИ ТІЛ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Сонце	☉
Місяць	☾
Марс	♂
Меркурій	☿
Юпітер	♃
Венера	♀
Сатурн	♄
Земля	♁
Уран	♅
Нептун	♆
Плутон	♇
Комета	☄
Астероїд № 5	⚵

ЗЕМЛЯ

Екваторіальний радіус	6 378 245 *м*
Полярний радіус	6 356 863 »
Сплюснутість земного еліпсоїда	$\frac{1}{298{,}3} \pm 0{,}4$
Довжина кола екватора	40 075 696 *м*
Поверхня Землі	$5{,}1 \cdot 10^8$ *км*^{2}
Об'єм Землі	$1{,}08 \cdot 10^{12}$ *км*^{3}
Маса Землі	$5{,}974 \cdot 10^{27}$ *г*
Середня густина Землі	5,5 *г/см*^{3}

МІСЯЦЬ

Віддаль Місяця від Землі:	
найменша	363 000 *км*
найбільша	406 000 »
середня	384 400 »
Видимий кутовий діаметр Місяця:	
найменший	29′24″
найбільший	33′40″
на середній віддалі від Землі	31′5″
Діаметр Місяця	3476 *км*=0,27 діаметра Землі
Поверхня Місяця	$3{,}8 \cdot 10^7$ *км*^{2} (0,073 поверхні Землі)
Об'єм Місяця	$22 \cdot 10^9$ *км*^{3}=0,02 об'єму Землі
Маса Місяця	$7{,}4 \cdot 10^{25}$ *г*=$\frac{1}{81{,}5}$ маси Землі
Густина Місяця	3,34 *г/см*^{3}=0,6 густини Землі
Зоряний місяць	27 діб 7 год 43 хв. 11,47 сек.
Синодичний місяць	29 діб 12 год 44 хв 2,78 сек.

ЗНАКИ ЗОДІАКАЛЬНИХ СУЗІР'ЇВ

♈	Овен (а також точка весняного рівнодення)
♉	Телець
♊	Близнята
♋	Рак (а також точка літнього сонцестояння)
♌	Лев (а також знак висхідного вузла орбіти)
♍	Діва
♎	Терези (а також точка осіннього рівнодення)
♏	Скорпіон
♐	Стрілець
♑	Козерог (а також точка зимового сонцестояння)
♒	Водолій
♓	Риби

ЗНАКИ ФАЗ МІСЯЦЯ

●	Новомісяччя
☽	Перша чверть
○	Повномісяччя
☾	Остання чверть

СОНЦЕ

Віддаль від Землі (середня)	149 500 000 ± 17 000 *км* = одна астрономічна одиниця
Видимий кутовий діаметр Сонця:	
найменший	31′27″
найбільший	32′31″
середній	31′59″
Діаметр Сонця	$D_\odot$ = 1 391 000 *км* = 109 діаметрів Землі
Поверхня Сонця	$6 \cdot 10^{12}$ *км*² (в 11 900 раз більша від поверхні Землі)
Об'єм Сонця	$V_\odot = 1{,}4 \cdot 10^{18}$ *км*³ = 1 301 000 об'ємів Землі
Маса Сонця	$M_\odot = 1{,}98 \cdot 10^{33}$ *г* = 333 400 мас Землі
Густина Сонця	1,4 *г*/*см*³ = 0,26 густини Землі
Період обертання точок екватора (по відношенню до зір)	25 діб
Потужність загального випромінювання Сонця	$5{,}1 \cdot 10^{23}$ кінських сил
Видима зоряна величина	−26,8
Абсолютна зоряна величина	+4,7
Температура поверхні Сонця близько 6000°	

ВІДОМОСТІ ПРО ДЕЯКІ НАЙБІЛЬШ ВІДОМІ МАЛІ ПЛАНЕТИ *

№ планети	Назва	Діаметр (у *км*)	Зоряна величина в близькому і далекому протистоянні	Велика піввісь орбіти (в астрономічних одиницях)	Сидеричний період обертання (в роках)
1	Церера	770,0	7,0—7,9	2,8	4,60
2	Паллада	490,0	6,7—9,3	2,8	4,61
3	Юнона	190,0	7,0—10,0	2,7	4,36
4	Веста	380,0	5,9—7,0	2,4	3,63
433	Ерос	20	6,7—11,3	1,5	1,76
944	Гідальго	25—50	11,0—19,0	5,8	13,95
1036	Ганімед	50	12,5	2,7	4,34
—	Гермес	1—2	8,0—18,0	1,3	1,46
1566	Ікар	1—2	12,5	1,1	1,12

* Таблицю з даними про планети див. на стор. 393.

ЕЛЕМЕНТИ СУПУТНИКІВ ПЛАНЕТ

Планета	Супутник	Хто і коли відкрив	Віддаль від планети		Сидеричний період обертання (в добах)	Нахил до орбіти планети	Діаметр (у км)	Маса (в одиницях маси Землі)
			в екв. радіусах планети	в тис. км				
Земля	Місяць	—	60,3	384,4	27,3	5°09′	3476	1/81,5
Марс	2 супутники: I. Фобос	Холл, 1877	2,8	9,4	0,3	25°11′	15	—
	II. Деймос	» »	7,0	23,5	1,3	24°16′	8	—
Юпітер	12 супутників; найбільші з них:							
	I Іо	Галілей, 1610	5,9	421	1,8	3°07′	3700	1/70
	II Європа	» »	9,4	671	3,6	3°06′	бл. 3000	1/124
	III. Ганімед	» »	15,0	1070	7,2	3°02′	5150	1/39
	IV Каллісто	» »	26,5	1882	16,7	2°43′	5180	1/70
Сатурн	9 супутників; найбільші з них:							
	I. Мімас	Гершель, 1789	3,1	186	0,9	26°45′	бл. 650	1/171000
	II Енцелад	» »	4,0	238	1,4	26°45′	» 800	1/42700
	III Тефія	Дж. Кассіні, 1684	4,9	295	1,9	26°45′	» 1300	1/9700
	IV Діона	» »	6,3	377	2,7	26°45′	» 1100	1/5500
	V Рея	» 1672	8,8	527	4,5	26°42′	» 1750	1/2600
	VI Титан	Гюйгенс, 1655	20,4	1220	15,9	26°07′	» 5500	1/43
	VII. Япет	Дж. Кассіні, 1671	59,4	3562	79,3	16°18′	» 1600	1/850
Уран	5 супутників:							
	V. Міранда*	Койпер, 1948	5,1	120	1,4	—	—	—
	I. Аріель*	Лассель, 1851	7,5	192	2,5	97°59′	950	—
	II Умбріель*	» »	10,5	267	4,1	97°59′	бл. 700	—
	III. Титанія*	Гершель, 1787	17,2	438	8,7	97°59′	» 1700	—
	IV. Оберон*	» »	23,0	586	13,5	97°59′	» 1500	—
Нептун	2 супутники:							
	I. Тритон**	Лассель, 1846	12,9	354	5,9	139°49′	» 5000	1/17
	II. Нереїда	Койпер, 1949	222,0	5570	359,4	6°31′	» 300	—

* Рух зворотний, який збігається з напрямом обертання Урана.
** Рух зворотний.

НАЙЯСКРАВІШІ ЗОРІ НЕБА

Зоря і сузір'я	Видима зоряна величина	Світність	Віддаль (у світлових роках)	Зоря і сузір'я	Видима зоряна величина	Світність	Віддаль (у світлових роках)
Сіріус (В. Пес.)	—1,3	17	8,7	Альтаїр (Орел)	+0,9	8	16,3
Канопус (Кіль)	—0,9	5 400	180	Бетельгейзе (Оріон)	+0,9	13 000	650
Альфа Центавра	+0,3	1	4,3	Альфа Хреста	+1,0	1 650	245
Вега (Ліра)	+0,1	44	26,5	Альдебаран (Телець)	+1,1	120	68
Капелла (Візничий)	+0,2	125	45	Поллукс (Близнята)	+1,2	30	35
Арктур (Волопас)	+0,2	78	36	Спіка (Діва)	+1,2	575	155
Рігель (Оріон)	+0,3	23 000	650	Антарес (Скорпіон)	+1,2	690	170
Проціон (М. Пес)	+0,5	6	11,3	Фомальгаут (Півд. Риба)	+1,3	11	23
Ахернар (Ерідан)	+0,6	370	140	Денеб (Лебідь)	+1,3	9 400	650
Бета Центавра	+0,9	1 450	200	Регул (Лев)	+1,3	145	84

ПОВНІ СОНЯЧНІ ЗАТЕМНЕННЯ з 1962 по 2000 р.

Середина повного затемнення за московським часом			Найбільша тривалість повного затемнення (в хвилинах)	Де затемнення буде видно як повне
Рік	Місяць і число	Година		
1962	Лютий, 5	3	4	Нова Гвінея
1963	Липень, 21	0	1	Аляска
1965	Травень, 31	0	5	Тихий океан
1966	Листопад, 12	17	2	Болівія, Аргентіна, Бразілія
1968	Вересень, 22	14	1	Арктика, Сибір, Китай
1970	Березень, 7	21	3	Мексіка, Флоріда
1972	Липень, 10	23	3	Північно-Східна Азія, Канада
1973	Червень, 30	15	7	Південна Америка, Африка
1974	» 20	8	5	Австралія
1976	Жовтень, 23	8	5	Африка, Австралія
1977	» 13	0	3	Венесуела, Тихий океан
1979	Лютий, 26	20	3	США, Канада
1980	» 16	12	4	Африка, Індія
1981	Липень, 31	7	2	Тихий океан, Сибір
1983	Червень, 11	8	5	Ява, Тихий океан
1984	Листопад, 23	2	2	Патагонія, Тихий океан
1985	» 12	17	1	Антарктика
1986	Жовтень, 3	22	2	Гренландія
1987	Березень, 29	16	0	Африка
1988	» 18	5	4	Тихий океан, Суматра
1990	Липень, 22	6	3	Фінляндія, північний Сибір
1991	» 11	22	7	Тихий океан, Центральна Америка
1992	Червень, 30	15	5	Атлантичний океан
1994	Листопад, 3	17	5	Тихий океан, Південна Америка
1995	Жовтень, 24	8	2	Тихий океан
1997	Березень, 9	4	3	Східний Сибір
1998	Лютий, 26	20	4	Тихий океан, Центральна Америка
1999	Серпень, 11	14	3	Західна Європа, Іран, Індія

ПОВНІ МІСЯЦЕВІ ЗАТЕМНЕННЯ з 1963 по 2000 р.

Рік	Місяць і число	Початок повного затемнення за московським часом	Кінець повного затемнення за московським часом	Видимість у Європейській частині СРСР
1963	Грудень, 30	13 год. 25 хв.	14 год. 49 хв.	Ні
1964	Червень, 25	3 » 18 »	4 » 56 »	»
1964	Грудень, 19	5 » 3 »	6 » 7 »	Так
1967	Квітень, 24	14 » 26 »	15 » 28 »	Ні
1967	Жовтень, 18	12 » 48 »	13 » 44 »	»
1968	Квітень, 13	7 » 21 »	8 » 17 »	»
1968	Жовтень, 6	14 » 10 »	15 » 12 »	»
1971	Лютий, 10	10 » 3 »	11 » 21 »	»
1971	Серпень, 6	21 » 53 »	23 » 35 »	Так
1972	Січень, 30	13 » 32 »	14 » 14 »	Ні
1974	Листопад, 29	17 » 38 »	18 » 54 »	Так
1975	Травень, 25	8 » 1 »	9 » 31 »	Ні
1975	Листопад, 19	1 » 1 »	1 » 47 «	Так
1978	Березень, 25	18 » 40 »	20 » 10 »	»
1978	Вересень, 16	21 » 22 »	22 » 44 »	»
1979	» 6	13 » 28 »	14 » 20 »	Ні
1982	Січень, 9	22 » 14 »	23 » 38 »	Так
1982	Липень, 6	9 » 39 »	11 » 19 »	Ні
1982	Грудень, 30	13 » 53 »	14 » 59 »	»
1985	Травень, 4	22 » 22 »	23 » 32 »	Так
1985	Жовтень, 28	20 » 22 »	21 » 4 »	»
1986	Квітень, 24	15 » 10 »	16 » 18 »	Ні
1986	Жовтень, 17	21 » 42 »	22 » 56 »	Так
1989	Лютий, 20	17 » 59 »	19 » 15 »	»
1989	Серпень, 17	5 » 15 »	6 » 53 »	Ні
1990	Лютий, 9	21 » 49 »	22 » 35 »	Так
1992	Грудень, 10	2 » 6 »	3 » 20 »	»
1993	Червень, 4	15 » 11 »	16 » 49 »	Ні
1993	Листопад, 29	9 » 1 »	9 » 51 »	»
1996	Квітень, 4	2 » 27 »	3 » 51 »	Так
1996	Вересень, 27	5 » 17 »	6 » 29 »	»
1997	» 16	21 » 14 »	22 » 20 »	»

Коротка хронологічна таблиця з історії астрономії

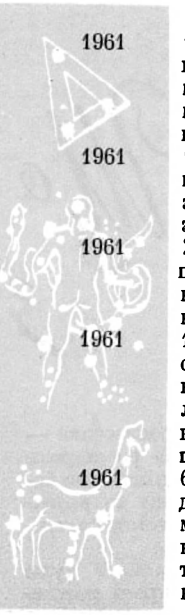
До нашої ери	Перші записи астрономічних спостережень у єгиптян, вавілонян і китайців.
Близько 3000 років	
1100	Визначення нахилу екліптики до екватора Чу Конгом у Китаї.
585	Перше завбачення в Греції сонячного затемнення Фалесом.
IV ст.	Виклад Арістотелем своїх уявлень про кулястість Землі і про будову Всесвіту з Землею в центрі.
III ст.	Перше визначення розмірів земної кулі грецьким ученим Ератосфеном.
III ст.	Перші спроби визначити віддаль до Місяця і Сонця Арістархом (Греція).
II ст.	Складення першого систематичного зоряного каталога і відкриття повільного переміщення полюса Гіппархом (Греція).
II ст. н. е.	Спроба обгрунтувати геоцентричну систему світу грецьким ученим Птолемеєм.
1515—1543	Відкриття руху Землі і планет навколо Сонця Миколаєм Коперніком (Польща).
1609—1619	Відкриття Й. Кеплером законів руху планет (Австрія).
1609—1633	Перше застосування зорової труби в астрономічних спостереженнях. Відкриття плям на Сонці, фаз Венери, гір на Місяці, супутників Юпітера, зоряної будови Молочного Шляху Галілеєм (Італія).
1672	Перше досить точне визначення віддалі Землі від Сонця Дж. Кассіні (Франція).
1687	Опублікування закону всесвітнього тяжіння І. Ньютоном (Англія).
1718	Відкриття Галлеєм руху зір у просторі (Англія).
1725	Заснування обсерваторії Академії наук у Петербурзі.
1755	Опублікування першої наукової гіпотези походження небесних тіл І. Кантом (Німеччина).
1761	Відкриття М. В. Ломоносовим атмосфери у планети Венери.
1781	Відкриття В. Гершелем планети Уран (Англія).
1801	Відкриття першої малої планети — Церери Дж. Піацці (Італія).
1837	Перше вимірювання віддалі до зір В. Я. Струве (Росія).
1839	Відкриття Пулковської обсерваторії в Росії.
1846	Відкриття планети Нептун за обчисленнями Левер'є (Франція).
1847	Опублікування В. Я. Струве праці «Этапы звездной астрономии», в якій закладено основи сучасних знань про будову нашої Галактики.
1859	Початок застосування спектрального аналізу в астрономії.
1868	Відкриття способу спостерігати сонячну атмосферу і протуберанці поза затемненням Жансеном (Франція) і Лок'єром (Англія).
1877	Розробка теорії комет Ф. О. Бредіхіним (Росія).
1908	Відкриття Г. Лівітт співвідношення між періодом зміни блиску перемінних зір — цефеїд і їх дійсною силою світла (США).
1924	Відкриття Е. Хабблом існування інших зоряних систем, подібних до нашої Галактики (США).
1927	Відкриття обертання нашої зоряної системи — Галактики Я. Оортом (Голландія).
1927	Відкриття обертання зір Г. А. Шайном (СРСР) і О. Л. Струве (США).
1941	Винайдення меніскового телескопа Д. Д. Максутовим (СРСР).
40-і роки XX ст.	Початок розвитку радіоастрономії.
1957—1958	Запуск перших штучних супутників Землі (СРСР, США).
1959	2 січня запущено в СРСР першу космічну ракету у Всесвіт. Вона стала штучною планетою сонячної системи. Ця подія відкривав еру міжпланетних польотів.

1959 14 вересня в СРСР здійснено перший в історії космічний переліт з Землі на Місяць і доставлено туди вимпели з зображенням Герба Радянського Союзу.

1959 4 жовтня запущена в СРСР космічна ракета облетіла Місяць і сфотографувала його невидиму з Землі сторону і зображення за допомогою телебачення передала на Землю.

1960 15 травня в СРСР запущено перший в світі космічний корабель-супутник без людини. Цим покладено початок створенню надійних космічних кораблів, які забезпечать безпечний політ людини в космосі.

1960 19 серпня в Радянському Союзі запущено другий космічний корабель-супутник Землі з піддослідними тваринами і рослинами. Після завершення програми досліджень було дано команду на спуск його з орбіти. Корабель-супутник благополучно приземлився. Вперше в історії живі істоти здійснили космічний політ і повернулись на Землю.



1961 12 лютого з важкого радянського штучного супутника Землі стартувала космічна ракета, яка вивела автоматичну міжпланетну станцію на траєкторію до планети Венери.

1961 9 березня було запущено в космічний простір по орбіті навколо Землі і приземлено радянський космічний корабель з піддослідною собакою.

1961 25 березня в СРСР запущено і благополучно приземлено п'ятий космічний корабель-супутник з піддослідною собакою.

1961 12 квітня в СРСР уперше в світі здійснено успішний політ по орбіті супутника Землі космічного корабля «Восток» льотчиком-космонавтом Ю. О. Гагаріним на борту. Цим покладено початок міжпланетним сполученням.

1961 6—7 серпня Радянський Союз здійснив другий успішний політ людини в космос. Льотчик-космонавт Г. С. Титов на космічному кораблі-супутнику «Восток-2» облетів у космічному просторі навколо нашої планети 17 раз.

Що читати з астрономії

Завдання цього бібліографічного покажчика — допомогти читачам «Дитячої енциклопедії» розширити і поглибити знання з астрономії, докладніше ознайомитись з сучасними уявленнями про будову та розвиток Всесвіту і подати їм допомогу в самостійних астрономічних спостереженнях.

Науково-популярних книжок з астрономії дуже багато, і перед читачем відкриваються широкі можливості у виборі книжок з різних питань науки про Всесвіт. Проте читачеві слід вибирати спочатку такі книжки, які найбільше відповідають його запитам і доступні йому своїм викладом. Особливо важливо, щоб книжка відповідала рівневі знань читача з математики і фізики. Тому в першу чергу в покажчику рекомендуються такі книжки й брошури, читання яких не вимагає знань з математики та фізики, що перевищують підготовку читачів. У покажчик ми включили і такі книжки, які розраховані на читачів, що вже обізнані з основами астрономії і особливо цікавляться цією наукою. Короткі анотації на включені в покажчик книжки допоможуть читачеві вибрати з наявної літератури найбільш підхожі і цікаві книжки.

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ АСТРОНОМІЇ

Вальдгард С. Л., Беседы о Вселенной, М.,«Московский рабочий», 1957, 174 стор. з рис.

Гурев Г. А., Что такое Вселенная, вид. 3-е, стереотип., М., Гостехиздат, 1957, 200 стор. з рис.

В обох книжках розповідається про успіхи сучасної астрономії, яка пояснює картину Всесвіту, безконечного в просторі і в часі.

Стисліше це саме питання висвітлене в брошурі Г. А. Гурєва «Наука и религия о строении Вселенной», М., «Молодая гвардия», 1955, 64 стор.

Воронцов-Вельяминов Б. А., Очерки о Вселенной, вид. 3-е, М., Гостехиздат, 1955, 535 стор. з рис.

У книжці грунтовно висвітлено всі основні питання вивчення Всесвіту. У перших розділах автор знайомить читача з приладами та інструментами, за допомогою яких астрономи вивчають небесні тіла. Далі дано опис «світу твердої речовини» — планет сонячної системи, астероїдів, комет, метеорів та метеоритів. Головну увагу в книжці приділено «світові газу» — зорям і туманній матерії. Докладно розповідається про будову Всесвіту, походження та розвиток Землі, планет, Сонця та зір за сучасними уявленнями, про успіхи нової галузі науки про Всесвіт — радіоастрономії.

Огородников К. Ф., Сколько звезд на небе, вид. 2-е, М., Гостехиздат, 1954, 40 стор. з рис. (Наук.-попул. б-ка. Вип. 66).

У брошурі розповідається, що у Всесвіті безліч зір. Сонце, навколо якого обертаються Земля і інші планети,— тільки звичайна зоря в нашій зоряній системі — Галактиці.

Перельман Я. И., Занимательная астрономия. Под ред. П. Г. Куликовского, вид. 8-е, М., Гостехиздат, 1956, 212 стор. з рис.

Книжка роз'яснює читачеві основні астрономічні факти та поняття у формі навідних запитань, дотепно сформульованих задач і цікавих прикладів. Написана талановитим популяризатором, автором ряду аналогічних книжок («Занимательная физика», «Занимательная механика» та ін.), «Занимательная астрономия» давно користується заслуженою популярністю в читачів.

Полак И. Ф., Время и календарь, вид. 3-е, М.—Л., Гостехиздат, 1949, 40 стор. з рис. і карт.

У брошурі дано уявлення про астрономічні основи лічби часу та історію створення сучасного календаря.

Селешников С. И., История современного календаря. К предстоящей его реформе, Л., 1958, 56 стор. з рис. (Всесоюзне т-во для поширення політ. і наук. знань. Ленінградське відділення).

У брошурі дано історичний нарис розвитку календаря і викладено перспективи його дальшого поліпшення та уточнення.

Шур Я. И., Когда? М., Детгиз, 1958, 156 стор. з рис.

Грунтовний нарис історії календаря від глибокої давнини до теперішнього часу.

Паренаго П. П., Астрономические обсерватории. (Как изучают небо), М., Гостехиздат, 1953, 52 стор. з рис. (Попул. лекції з астрономії. Вип. 1).

У брошурі розповідається, як працюють астрономи, як вони досягають високої точності спостережень, які труднощі при цьому виникають і як їх усувають. Коротко розповідається про Пулковську обсерваторію й про інші великі радянські обсерваторії.

Куликов К. А., Астрономия на службе народного хозяйства, М., Гостехиздат, 1957, 80 стор. з рис. (Попул. лекції з астрономії. Вип. 7).

Роз'яснюється величезне значення астрономії для життєвої практики, яке особливо зростає в умовах соціалістичного суспільства, коли за допомогою астрономії розв'язується багато надзвичайно важливих питань, починаючи від Служби точного часу і кінчаючи запуском штучних супутників Землі та Сонця, космічних ракет і кораблів.

СОНЯЧНА СИСТЕМА

Тер-Оганезов В. Т., Солнечные затмения, М., Гостехиздат, 1954, 40 стор. з рис. (Наук.-попул. б-ка. Вип. 69); Михайлов А. А., Солнечные и лунные затмения, вид. 3-е, М.—Л., Гостехиздат, 1951, 40 стор. з рис. (Наук.-попул. б-ка. Вип. 5).

У цих брошурах коротко і в загальнодоступній формі викладено причини затемнень і пояснено наукове значення спостережень цих явищ.

Тер-Оганезов В. Т., Солнечные и лунные затмения, вид. 3-е, доп., М., Госкультпросветиздат, 1954, 126 стор. з рис.

У цій книжці докладніше, ніж у двох попередніх, викладено питання, зв'язані з сонячними та місяцевими затемненнями.

Новикова Н. Г., «Необыкновенные» небесные явления. Под ред. К. Л. Баева, вид. 5-е, М., Гостехиздат, 1954, 64 стор. з рис. (Наук.-попул. б-ка. Вип. 24).

У брошурі розповідається про сонячні та місяцеві затемнення, появу комет, падіння метеоритів та інші небесні явища, які довгий час здавалися людям загадковими.

Аристов Г. А., Солнце, вид. 3-е, перероб., М., Гостехиздат, 1954, 40 стор. з рис. (Наук.-освіт. б-ка. Вип. 5).

Брошура містить короткий нарис сучасних уявлень про природу Сонця та його місце серед зір.

Ивановский М. П., Солнце и его семья. Науч. ред. М. С. Эйгенсон, Л., Детгиз, 1954, 420 стор. з рис. і карт. (Шкільна б-ка).

У книжці докладно висвітлено будову сонячної системи, природу Сонця, планет та їх супутників, малих планет, комет і метеорів. Особливо докладно розповідається про Землю як про небесне тіло та про вплив на земні явища фізичних процесів, що відбуваються на Сонці.

Кринов Е. Л., Планеты-карлики (астероиды). М., вид. АН СРСР, 1951, 76 стор. з рис. (Акад. наук СРСР. Наук.-попул. серія).

У брошурі викладено сучасні знання про малі планети, показано, що вивчення малих планет сприяє з'ясуванню закономірностей будови сонячної системи та її походження.

Зигель Ф. Ю., Что такое кометы, М., Гостехиздат, 1956, 32 стор. з рис. (Наук.-освіт. б-ка. Вип. 10).

У брошурі популярно розповідається про природу комет та про їх зв'язок з іншими тілами сонячної системи.

Зигель Ф. Ю., Кометы, вид. 2-е, М., Гостехиздат, 1955, 72 стор. з рис. (Попул. лекції з астрономії. Вип. 2).

У брошурі розповідається про фізичну природу комет, їх походження та роль у сонячній системі. Брошура розрахована на більш підготовленого читача.

Кринов Е. Л., Метеориты, М., Физматгиз, 1958, 108 стор. з рис. (Попул. лекції з астрономії. Вип. 8).

Метеорити — єдині космічні тіла, які падають на Землю і через це доступні для фізичного і хімічного дослідження. У книжці розповідається про падіння метеоритів, їх природу, походження та про зв'язок їх з іншими тілами сонячної системи.

Зигель Ф. Ю., Небесные камни, М.—Л., Детгиз, 1951, 142 стор. з рис.

У загальнодоступній формі автор розповідає про метеорити та їх роль у Всесвіті.

Фединский В. В., Метеоры, М., Гостехиздат, 1956, 112 стор. з рис. (Попул. лекції з астрономії. Вип. 4).

У книжці викладено сучасні уявлення про метеори та про їх зв'язок з кометами та іншими тілами сонячної системи.

Рябов Ю. А., Движение небесных тел, М., Гостехиздат, 1956, 160 стор. з рис.

Науку, що вивчає закони руху небесних тіл,— небесну механіку — дуже важко популярно викладати. Вдалу спробу такого викладу дано в книжці Ю. А. Рябова.

У книжці розповідається про історію розвитку уявлень про рух небесних тіл, про відкриття закону всесвітнього тяжіння, про наступні і сучасні досягнення у вивченні цих питань. Книжка розрахована на підготовленого читача.

ЗОРІ І ЗОРЯНІ СИСТЕМИ

Агекян Т. А., Звездная Вселенная, М., Гостехиздат, 1955, 236 стор. з рис.

У цій книжці докладно висвітлено питання будови та розвитку зір і зоряних систем. Книжка розрахована на більш підготовленого читача.

Воронцов-Вельяминов Б. А., Новые и сверхновые звезды. Стенограмма публичной лекции, М., «Знание», 1953, 32 стор. з рис. (Всесоюзне т-во для попир. політ. і наук. знань. Серія 3, п. 27); Мустель Э. Р., Новые и сверхновые звезды. Стенограмма публичной лекции, М., «Правда», 1951, 22 стор. з рис. (Всесоюзне т-во для попир. політ. і наук. знань).

Автори цих брошур-лекцій широко відомі як дослідники нових та наднових зір. У брошурах викладаються сучасне уявлення про природу та причини спалахів таких зір.

Вселенная. Сборник. Сост. В. А. Бронштен, науч. ред. К. П. Станюкович, М., Госкультпросветиздат, 1955, 403 стор. з рис., 29 л. на вклейках.

Збірник складається з ряду нарисів, що охоплюють всі основні розділи науки про Всесвіт. На початку книги дано історичний огляд розвитку астрономії як науки і нарис про методи дослідження небесних тіл. Ряд нарисів присвячено сонячній системі й перспективам космічних польотів. У решті нарисів висвітлюються питання будови та розвитку Всесвіту. У книжці багато ілюстрацій і є покажчик науково-популярної літератури з астрономії (60 назв). Більшість нарисів написано досить популярно для молодих читачів, що цікавляться астрономією.

Ивановский М. П., Дороги к звездам. Науч. ред. В. А. Крат, Л., «Молодая гвардия», 1950, 266 стор. з рис.

Ивановский М. П., Разведка далеких миров, М.— Л., Детгиз, 1951, 416 стор. з рис.

У цих книжках розповідається про дослідження далеких глибин Всесвіту, про те, як було виміряно віддалі до зір і визначено їх розміри, хімічний склад і рухи в просторі; як сучасна наука підійшла до питань вивчення фізичної природи зір та їх походження.

Комаров В. Н., Движения звезд, М., Гостехиздат, 1957, 68 стор. з рис. (Попул. лекції з астрономії. Вип. 6).

Знання законів рухів зір є основою для з'ясування будови та розвитку нашої та інших зоряних систем. Ця брошура, де викладено сучасні

знання про рухи зір, розрахована на читача, обізнаного з основами астрономії.

Масевич А. Г., История Солнца, переробл. і доп. вид., М., «Молодая гвардия», 1955, 182 стор. з рис.; Цесевич В. П., Внутреннее строение Солнца и звезд (брошюра-лекция), М., «Знание», 1955, 32 стор. з рис.

В обох книжках розповідається про сучасні погляди на походження і природу Сонця — цієї найближчої до нас зорі, вивчення якої дає можливість зробити важливі висновки про природу зір взагалі.

Мартынов Д. Я., Межзвездная материя, М., «Знание», 1955, 32 стор. з рис. (Всесоюзне т-во для поширення політ. і наук. знань. Серія 3, № 22).

У цій брошурі-лекції автор — відомий радянський астроном — знайомить читачів з сучасними знаннями про природу дифузної (газової і пилової) матерії, яка заповнює міжзоряний простір у нашій і інших галактиках, і про зв'язок цієї матерії з зорями.

Паренаго П. П., В мире звезд, М.—Л., Гостехиздат, 1957, 96 стор. з рис. (Популярні лекції з астрономії. Вип. 5).

У книжці розповідається про безконечну різноманітність світу зір і висвітлено сучасні уявлення про природу зір і дифузну матерію, про будову нашої зоряної системи — Галактики й інших галактик. Книжка розрахована на підготовленого читача.

Харадзе Е. К., В глубинах Вселенной, М., «Знание», 1956, 32 стор. з рис. (Всесоюзне т-во для поширення політ. і наук. знань. Серія 3, № 75).

У брошурі дано короткий нарис розвитку і сучасного стану знань про будову Всесвіту.

Шкловский И. С., Радиоастрономия. Популярный очерк, вид. 2-е, доп., М., Гостехиздат, 1955, 296 стор. з рис.

По радіохвилях, що їх вловлюють земні радіотелескопи, можна судити про фізичні процеси, які відбуваються на величезних віддалях від Землі, про природу небесних тіл — джерел радіовипромінювання. Так виник новий розділ науки про Всесвіт — радіоастрономія.

У книжці детально викладено основи радіоастрономії і успіхи, яких досягнуто з її допомогою. Книжка розрахована на більш підготовленого читача.

Стислий і доступніший виклад успіхів радіоастрономії дано в книжці Б. А. Воронцова-Вельямінова «Очерки о Вселенной», у збірнику «Вселенная» і в лекції-брошурі С. Е. Хайкіна «Радиоастрономия», М., «Знание», 1954, 64 стор. з рис.

ПОХОДЖЕННЯ І РОЗВИТОК НЕБЕСНИХ ТІЛ

Барабашев Н. П., О происхождении Земли и других небесных тел, М., Госкультпросветиздат, 1955, 108 стор. з рис.

У цій книжці дається загальний огляд сучасних знань про будову Всесвіту, розповідається про старі космогонічні гіпотези, починаючи з гіпотез Бюффона, Канта і Лапласа, і про досягнення сучасної передової науки в питанні про походження Землі, планет, Сонця і зір.

Сытинская Н. Н., Современная наука о происхождении солнечной системы, М., вид. Акад. пед. наук РРФСР, 1956, 96 стор. з рис.

У цій книжці розповідається про складний шлях розвитку космогонії від первісних наївних уявлень у стародавні часи до сучасних уявлень, що грунтуються на досягненнях астрономії, фізики й інших суміжних наук.

Левин Б. Ю., Происхождение Земли и планет, вид. 2-е, доп., М., Гостехиздат, 1956, 72 стор. з рис. (Популярні лекції з астрономії. Вип. 3).

У цій книжці космогонічні погляди минулого викладено стисло. Основну увагу приділено теорії походження та розвитку Землі і планет, яку розробив видатний радянський учений акад. О. Ю. Шмідт разом з колективом учених.

Воронцов-Вельяминов Б. А., Происхождение небесных тел, вид. 2-е, переробл., М., Гостехиздат, 1954, 32 стор. з рис. (Наук.-освіт. б-ка. Вип. 2).

У брошурі коротко розповідається про те, що небесні тіла — планети, зорі і туманності — не виникають «з нічого», а утворюються з інших форм матерії.

Фесенков В. Г., Происхождение и развитие небесных тел по современным данным, М., вид. АН СРСР, 1953, 64 стор. з рис. (Акад. наук СРСР. Наук.-популярна серія).

Видатний радянський астроном акад. В. Г. Фесенков у цій книжці в популярній формі викладає погляди, що їх поділяє багато вчених, за якими зорі і навколишні планети утворюються в результаті ущільнення хмар газово-пилової матерії. Книжка доступна більш підготовленим читачам.

Лаберенн П., Происхождение миров, пер. з франц., М., Гостехиздат, 1957, 260 стор. з рис.

У цій книжці, яку написав прогресивний французький учений, критикуються помилкові погляди деяких буржуазних учених на походження та розвиток небесних тіл і висвітлюються погляди передових, зокрема радянських, учених, що успішно вивчають розвиток Землі, планет, зір та зоряних систем.

ЖИТТЯ У ВСЕСВІТІ

Сытинская Н. Н., Есть ли жизнь на небесных телах, М., вид. АН СРСР, 1949, 108 стор. з рис. (Акад. наук СРСР. Наук.-популярна серія).

Автор доводить, що немає життя на Меркурії, на Місяці і на далеких планетах сонячної системи. Питання життя на Венері поки що залишається відкритим через трудність вивчення цієї планети; на Марсі життя можливе, але припущення про населеність його розумними істотами не має під собою грунту.

Тихов Г. А., Астробиология, М., «Молодая гвардия», 1958, 68 стор. з рис.

Відомий радянський астрофізик Г. А. Тихов присвятив багато років вивченню питання про можливість життя на інших планетах. Виходячи з даних про пристосованість живих організмів до навколишніх умов, Г. А. Тихов твердить, що на Марсі і Венері є рослинне життя, і припускає існування мікроорганізмів на Юпітері. Книжку написано яскраво і доступно, але треба мати на увазі, що погляди Г. А. Тихова поділяють далеко не всі вчені.

Зигель Ф. Ю., Загадка Марса, М., Детгиз, 1956, 128 стор. з рис. і карт. (Шкільна б-ка).

У книжці розповідається про природу Марса та історію його вивчення. Особливу увагу приділено викладу поглядів Г. А. Тихова.

З великих планет сонячної системи Марс найбільш доступний для вивчення За своєю фізичною природою він більше схожий на Землю, ніж далекі планети, а також Місяць і Меркурій Тому висловлювалась — і в цій книжці висловлюється— думка про існування на Марсі рослинності, а може, і тварин «Загадки Марса» — це питання про можливість життя на ньому

Опарин А И., Фесенков В. Г., Жизнь во Вселенной, М., вид. АН СРСР, 1956, 224 стор. з рис. (Акад наук СРСР Наук.-попул. серія).

Книжку написали два видатні вчені: біолог-хімік і астроном Виникнення і розвиток життя зв'язані з найскладнішими і тривалими фізичними та хімічними процесами, які можуть здійснюватись далеко не на кожній планеті

У розділі, що його написав А І Опарін, викладено(у значній мірі за дослідженнями самого автора) сучасні уявлення про походження та розвиток життя на Землі У решті розділів, які написав В Г Фесенков, грунтовно розповідається про будову Всесвіту за сучасними даними, про будову планет сонячної системи і можливість життя на них. Автор приходить до висновку, що в межах сонячної системи немає інших осередків життя, крім Землі. Але планети, безумовно, існують у багатьох зір, і в безконечному Всесвіті безліч населених світів.

Книжка розрахована на читачів, вже обізнаних з основами астрономії, фізики, хімії.

Цесевич В П , Есть ли жизнь на других планетах, М., Гостехиздат, 1956, 40 стор. з рис. (Наук.-освіт. б-ка. Вип. 15).

КОСМІЧНІ СПОЛУЧЕННЯ

Гагарин Ю. А., Дорога в космос, М., вид. «Правда», 1961, 224 стор. з ілюстраціями.

У цій захопливій книзі Герой Радянського Союзу, перший у світі льотчик-космонавт Ю. О. Гагарін розповідає про свій безприкладний подвиг на шляху проникнення людини в космос, як підготовлявся і проходив цей героїчний політ, що знаменує собою тріумф радянського народу-будівника комунізму, радянської науки й техніки, що відкриває міжпланетні сполучення.

Штернфельд А А., От искусственных спутников к межпланетным полетам, М., Гостехиздат, 1957, 128 стор. з рис.

Здійснений в СРСР запуск перших штучних супутників Землі — переддвер'я міжпланетних польотів, початок яким покладено в СРСР 12 квітня 1961 р. льотчиком-космонавтом Ю О Гагаріним на космічному кораблі «Восток». У книжці розповідається про труднощі, зв'язані із здійсненням космічних подорожей, і про шляхи їх подолання, про значення штучних супутників, про умови та обставини польотів на Місяць і близькі планети сонячної системи.

Васильев М. В., Путешествие в космос, М., Госкультпросветиздат, 1955, 176 стор. з рис.

У книжці докладно розповідається про перспективи міжпланетних подорожей. Багато уваги приділено питанням можливих конструкцій космічних кораблів, умовам польоту та штучним супутникам Землі.

Ляпунов Б. В., Открытие мира, М., «Молодая гвардия», 1956, 160 стор. з рис.

У книжці Б. В. Ляпунова докладно розповідається про діяльність і життя К. Е Ціолковського — російського вченого, основоположника астронавтики — науки про космічні польоти.

З ІСТОРІЇ АСТРОНОМІЇ

Куницкий Р. В., Развитие взглядов на строение солнечной системы, вид. 5-е, М., Гостехиздат, 1952, 80 стор

У книжці викладається історія пізнання будови сонячної системи. У ній розповідається про геоцентричну систему Арістотеля та Птолемея, про велике відкриття Коперніка та розвиток його геліоцентричного вчення в працях Бруно, Кеплера, Галілея, Ньютона і Ломоносова.

Всесвятский С. К., Как познавалась Вселенная, вид. 2-е, переробл., М., Гостехиздат, 1955, 48 стор з рис (Наук.-освіт. б-ка. Вип. 8).

Брошура складається з двох розділів: у першому стисло викладено розвиток астрономічних знань від стародавніх часів до XIX ст.; у другому — сучасні уявлення про будову Всесвіту

Уйбо А. А., Из истории борьбы науки против религии, М., «Знание», 1956, 32 стор. з рис. (Всесоюзне т-во для пошир. політ. і наук. знань Серія 2, № 3).

У брошурі роз'яснюється несполучність науки, що розкриває об'єктивні закони природи і суспільства, з релігійними забобонами і розповідається про визначну роль у боротьбі за передовий науковий світогляд титанів думки — Коперніка, Бруно, Галілея — і про те, як релігія і церква переслідували цих передових учених, але не могли зупинити розвиток нової науки.

Бублейников Ф. Д., Очерк развития представлений о Земле, М., вид. АН СРСР, 1955, 208 стор. з рис. (Акад. наук СРСР. Наук.-попул. серія).

Велика частина цієї книжки, яка розрахована на більш підготовленого читача, присвячена викладу розвитку знань про Землю як планету в зв'язку з загальним розвитком астрономічних знань та створенням правильних уявлень про Всесвіт У решті розділів розповідається про фізичні властивості і внутрішню будову Землі.

Огородников К. Ф., От первых наблюдений звезд к современной науке о строении Вселенной. Исторический очерк. Стенограмма публичной лекции, Л., 1953, 32 стор. (Всесоюзне т-во для пошир. політ. і наук. знань, Ленінградське відділення).

Розвиток знань про Всесвіт коротко викладено в цій брошурі

Баев К Л., Создатели новой астрономии. Коперник, Бруно, Кеплер, Галилей, вид 2-е, М., Учпедгиз, 1955, 125 стор. з рис. і карт.

Книжка містить біографії Коперніка, Бруно, Кеплера, Галілея.

Ревзин Г., Николай Коперник (1473—1543), М., «Молодая гвардия», 1949, 430 стор. з рис. (Життя видатних людей).

У цій книжці докладно описано життя і діяльність Коперніка— основоположника сучасної астрономії, великого вченого-новатора, надзвичайно різнобічного наукового і громадського діяча, патріота своєї батьківщини.

Куликовский П. Г., М. В. Ломоносов — астроном и астрофизик, М.—Л., Гостехиздат, 1950, 88 стор. з рис.

У цій брошурі коротко викладено розвиток астрономічних знань у Росії до Ломоносова включ-

но. Характеризуються життєвий шлях Ломоносова та його кипуча діяльність, яка проклала нові шляхи в багатьох галузях науки. Висвітлюються астрономічні праці Ломоносова.

Перель Ю. Г., Выдающиеся русские астрономы. Под ред. чл.-корр. Акад. наук СССР С. Н. Блажко, М.—Л., Гостехиздат, 1951, 216 стор. з рис.

У книжці дано загальний історичний нарис розвитку астрономії в Росії до середини XIX ст. і нариси про життя і діяльність найвидатніших російських астрономів другої половини XIX і початку XX ст.: Ф. О. Бредіхіна, В. К. Цераського, А. А. Бєлопольського, М. А. Ковальського, С. П. Глазенапа, П. К. Штернберга, С. К. Костинського, О. П. Ганського. Наводяться також дані про діяльність інших видатних російських астрономів тієї самої епохи.

Для молодих читачів, найбільш підготовлених і серйозно зацікавлених історією астрономії, можна запропонувати книжки:

Воронцов-Вельяминов Б. А., Очерки истории астрономии в России, М., Гостехиздат, 1956, 372 стор. з рис.

У цій книжці грунтовно висвітлено історію астрономії в Росії. Найбільше уваги приділено розвитку науки про Всесвіт у нашій країні у XVIII, XIX і на початку XX ст. Дано історію основних обсерваторій, у тому числі і всесвітньовідомої Пулковської, і нариси життя та діяльності найвидатніших російських астрономів: В. Я. Струве, Ф. О. Бредіхіна, В. К. Цераського, А. А. Бєлопольського та ін.

Перель Ю. Г., Развитие представлений о Вселенной, М., Физматгиз, 1958, 352 стор. з рис.

У книжці грунтовно викладено історію розвитку знань про Всесвіт від примітивних уявлень стародавніх людей до висновків сучасної науки. Найбільше уваги приділено історії астрономічних знань у XVIII—XX ст. Спеціальний розділ у кінці книжки присвячено питанню про життя у Всесвіті.

ЯК СПОСТЕРІГАТИ НЕБЕСНІ ТІЛА

Набоков М. Е., Астрономические наблюдения с биноклем, М.—Л., Гостехиздат, 1948, 184 стор. з рис.

Книжка є практичним посібником для провадження астрономічних спостережень з біноклем, без допомоги складніших і дорожчих інструментів. У книжці викладено методику і дано необхідні вказівки для спостережень Сонця, великих планет, Місяця, зір, метеорів і комет. Такі любительські спостереження можуть бути дуже цінні для науки.

Навашин М. С., Телескоп астронома-любителя, М.—Л., Гостехиздат, 1949, 155 стор. з рис.

Навашин М. С., Самодельный телескоп-рефлектор. Под ред. чл.-корр. Акад. наук СССР Д. Д. Максутова, М., Гостехиздат, 1953, 240 стор. з рис.

У першій з книжок цього автора дано докладний опис телескопа, цілком придатного для науково-любительських спостережень; у другій — поради для самостійного виготовлення такого телескопа. Автор цих книжок — видатний учений-біолог і водночас любитель-астроном — досяг великих успіхів у виготовленні телескопів.

Цесевич В. П., Что и как наблюдать на небе. Руководство к организации и проведению любительских научных наблюдений над небесными светилами, вид. 2-е, М., Гостехиздат, 1955, 360 стор. з рис.

Автор — видатний радянський астроном — описує зоряне небо, наводить відомості, які потрібні для любителів астрономії, і дає докладні поради для провадження спостережень, які при найскромніших засобах можуть бути корисними для науки.

Шаронов В. П., Солнце и его наблюдение, вид. 2-е, М., Гостехиздат, 1953, 220 стор. з рис.

Сытинская Н. Н., Луна и ее наблюдение, М., Гостехиздат, 1956, 254 стор. з рис.

Бронштэн В. А., Планеты и их наблюдение. Под ред. Н. Н. Сытинской, М., Гостехиздат, 1957, 268 стор з рис.

Ці книжки призначено для любителів астрономії. У першій з них висвітлюються сучасні уявлення про природу Сонця, даються поради, як спостерігати сонячні явища. Особливу увагу приділено найпростішим способам спостережень сонячних плям, які цілком можуть проводити члени шкільних любительських гуртків та окремі любителі. У другій книжці дано вказівку, як спостерігати Місяць. У третій книжці докладно описано методику любительських спостережень планет сонячної системи

Астрономические календари-ежегодники. Необхідний посібник для любительських спостережень. На наступний рік у календарі наводяться так звані ефемеридні дані — положення небесних тіл, відомості про майбутні небесні явища та умови їх видимості для різних місцевостей.

У нашій країні щороку видаються такі календарі:

Школьный астрономический календарь. Щороку випускає Державне учбово-педагогічне видавництво РРФСР Учпедгіз

Краткий астрономический календарь. Скл. С. В. Дроздов та С. І. Семешников. Видає щороку видавництво Академії наук СРСР.

Астрономический календарь. Заснований ще в 1895 р. і щороку складається Всесоюзним Астрономо-геодезичним товариством; видає Державне фізико-математичне товариство (кол. Держтехвидав). Призначений для більш підготовлених любителів астрономії.

В усіх зазначених календарях, крім ефемеридних даних, публікуються статті, де висвітлюються успіхи астрономії, пам'ятні дати з історії астрономії, відомості про нові книжки й інші цікаві для любителів матеріали.

Куликовский П. Г., Справочник астронома-любителя, вид. 2-е, переробл. і доп., М., Гостехиздат, 1953, 432 стор. з рис. і 21 л. карт.

У цій книжці коротко викладено сучасні уявлення про Всесвіт, даються відомості з математики, потрібні для любителів, грунтовно розповідається, як любителі можуть спостерігати Сонце, Місяць, планети, метеори, змінні зорі і т. д., а також наводиться досить велика астрономічна бібліографія і докладні довідкові таблиці з усіх основних питань астрономії.

Покажчик імен і предметів

Адамс, Джон Кауч (1819—1892) — англійський астроном; на основі теоретичних розрахунків, незалежно від У. Левер'є, установив існування планети Нептун — 352, 391

Алголь (бета Персея) — зоря з мінливим блиском, належить до типу затемнено-подвійних (див.); розташована в сузір'ї Персея Блиск її змінюється від 2 до 3,5 зоряної величини (див.) — 412 [1], 496

Альбіцький, Володимир Олександрович (1891—1952) — радянський астроном; спільно з Г. А. Шайном визначив променеві швидкості (швидкості руху вздовж променя зору) великої кількості зір — 493

Альдебаран — найяскравіша зоря в сузір'ї Тельця, 1-ї зоряної величини, червонувато-жовтого кольору — 497 525

Алькор — слабка зоря, 5-ї зоряної величини; видно неозброєним оком біля зорі Міцар (див.) у сузір'ї Великої Ведмедиці — 326

Альтаїр — найяскравіша зоря в сузір'ї Орла, 1-ї зоряної величини, білого кольору — 410, 457, 525

Альфа Хреста — найяскравіша зоря в сузір'ї Південного Хреста, 1-ї зоряної величини, голубуватого кольору; розташована в півд. півкулі неба; в СРСР не видно — 525

Альфа Центавра — система з трьох зір в сузір'ї Центавра, які є найближчими зорями до сонячної системи; віддаль 4,3 світлового року (див.) — 361, 410, 457

Амбарцумян, Віктор Амазаспович (нар. 1908) — радянський астрофізик, академік, президент Академії наук Вірменської РСР; автор видатних праць, присвячених вивченню фізичної природи і походження зір і міжзоряного середовища — 424

Андромеда — сузір'я півн. півкулі неба, видиме в кінці літа, восени, на початку зими. Розташована в цьому сузір'ї туманність (доступна для неозброєного ока) — самостійна зоряна система; за своєю будовою і багатообразністю зір, що в неї входять, вона подібна на нашу Галактику — 418, 490, 492, 497

Антарес — найяскравіша зоря в сузір'ї Скорпіона, 1-ї зоряної величини, червоного кольору; належить до зір-надгігантів: діаметр її приблизно втричі більший радіуса орбіти Землі, а об'єм у 30 млн. раз більший об'єму Сонця — 497, 525

Арістарх Самоський (жив у III ст. до н. е.) — видатний старогрецький учений; вперше визначив віддаль від Землі до Місяця і до Сонця і висловив ідею про рух Землі навколо Сонця. Його називають «Коперніком стародавнього світу». За це вчення його звинуватили в безбожжі і вигнали з Афін — 334, 528

Арістотель (384—322 до н. е.) — видатний учений Стародавньої Греції; обгрунтував кулясту форму Землі та інших небесних тіл; разом з тим твердив, що Земля є нерухомим тілом — центром Всесвіту, навколо якого обертаються всі небесні тіла — 333 — 334, 528

Арктур — найяскравіша зоря в сузір'ї Волопаса, нульової зоряної величини, оранжового кольору; за розмірами — зоря-гігант — 497, 525

Армілярна сфера — давній астрономічний інструмент, за допомогою якого уже в III ст. до н. е. визначали положення на небі зір і планет — 513, 522

Астероїди — див. Малі планети.

Астрограф — телескоп, призначений для фотографування небесних світил — 398

Астрологія — хибне вчення, за допомогою якого намагалися завбачити долю людей і настання подій по розміщенню небесних світил — 332

Астролябія — старовинний прилад, який використовували до XVIII ст. для визначення широт на поверхні Землі; винайшов Аль-Хорезмі в IX ст.— 336

Астронавтика (іноді космонавтика) — нова галузь науки, що вивчає на основі даних астрономії, фізики, реактивної техніки та інших наук всі питання, зв'язані із здійсненням майбутніх космічних польотів. Створення і запуск перших штучних супутників Землі, супутника Сонця, міжпланетної станції до планети Венери і космічних кораблів з людиною на борту — перші видатні досягнення астронавтики — 448

[1] Жирним шрифтом показані сторінки, на яких подаються докладніші відомості.

Астрономічна одиниця — одиниця для вимірювання великих віддалей, прийнята в астрономії; дорівнює середній віддалі Землі від Сонця — 149500000 *км* — 409
Астрономічна труба — див. Телескоп.
Астрономічний майданчик — майданчик під відкритим небом, обладнаний нескладними інструментами для найпростіших астрономічних спостережень — 506—508, 521
Астрономічні обсерваторії — науково-дослідні установи, в яких за допомогою телескопів та інших астрономічних приладів проводять спостереження небесних світил і вивчають закони їх руху і розвитку — 321—323, 353, 358—359, 476
Астрономія — наука, що займається вивченням будови і розвитку небесних тіл та їх систем; одна з найдавніших наук, яка особливо швидко розвивається на протязі останніх чотирьох століть на основі великого відкриття Коперніка — 321—323
Астроспектроскопія — застосування спектрального аналізу до вивчення хімічного складу і фізичної природи небесних тіл — 355—357
Астрофізика — розділ астрономії, що вивчає фізичні властивості і хімічний склад небесних тіл і міжзоряного середовища за допомогою головним чином спектрального аналізу і фотографії — 488
Астрофотографія — фотографічне вивчення небесних тіл — 354—355, 398, 484
Ахернар — найяскравіша зоря сузір'я Ерідана, 1-ї зоряної величини, білого кольору; в СРСР не видно — 525

Б

Бааде, Вальтер (нар. 1893) — відомий американський астроном; займається дослідженням будови зоряних систем — 491
Бессель, Фрідріх Вільгельм (1784—1846) — видатний німецький астроном; розробив методи точного визначення положення зір, склав обширні зоряні каталоги, слідом за В. Я. Струве поклав початок точному визначенню віддалей до зір — 352, 475
Бетельгейзе — друга за яскравістю зоря в сузір'ї Оріона, 1-ї зоряної величини, червонуватого кольору; належить до зір-надгігантів; за діаметром у 350 раз, за об'ємом у 43 млн. раз більша від Сонця — 355, 410, 525
Бєлопольський, Арістарх Аполлонович (1854—1934) — видатний російський астроном; дослідив закони обертання Сонця, довів метеоритну будову кілець Сатурна, виконав найважливіші дослідження спектрів зір і їх променевих швидкостей, дослідним шляхом підтвердив правильність принципу Доплера в застосуванні до світла — 357, 389, 476, 487—489
Бєлявський, Сергій Іванович (1883—1953) — відомий радянський астроном; відкрив 37 малих планет, у тому числі Владилену — 392
Білі карлики — зорі, що мають дуже малі розміри і світність (у сотні й тисячі разів менші, ніж розміри і світність Сонця) і разом з тим високу температуру; мають дуже велику густину речовини (густіші води в сотні тисяч і навіть у мільйони разів) — 410
Бінокль — оптичний прилад для спостереження далеких предметів; складається з двох сполучених разом зорових трубок; можна використовувати для спостереження небесних світил — 503—504
Біруні (972 або 973—1048) — видатний середньоазіатський учений, астроном, географ, історик; вперше на Середньому Сході висловив думку про рух Землі навколо Сонця; визначив розміри Землі — 335, 336—337
Блажко, Сергій Миколайович (1870—1956) — видатний радянський астроном, дослідник перемінних зір — 484
Близнята — одно з 12 зодіакальних сузір'їв. Найяскравіші зорі — Кастор і Поллукс. Видно в кінці осені, взимку і рано на весні — 497
Болід — спіпучо-яскравий метеор; має вигляд світної кулі з вогняним хвостом. Після його прольоту на небі деякий час видно слабо світний, туманний слід — 401, 402, 403, 404
Браллей, Джемс (1693—1762) — видатний англійський астроном, один з основоположників сучасної зоряної астрономії — 409, 469, 474
Бредіхін, Федір Олександрович (1831—1904) — видатний російський астроном; найбільш відомий як творець теорії утворення кометних хвостів і теорії походження метеорних потоків — 395, 396, 397, 400, 476, 479—481, 528
Бруно, Джордано (1548—1600) — великий італійський мислитель, атеїст; розвиваючи вчення Коперніка, стверджував нескінченність Всесвіту і незліченність зір, сонць і обітованих планет — 342—344

В

Вега — найяскравіша зоря в сузір'ї Ліри і одна з найяскравіших зір неба, нульової зоряної величини, білого кольору — 409, 410, 475, 496, 525
Велика Ведмедиця — добре відоме сузір'я півн. півкулі неба. Сім найяскравіших зір утворюють фігуру, що нагадує собою ківш з ручкою — 325—326, 496
Велике протистояння Марса — див. Протистояння Марса
Великий Пес — сузір'я, розташоване в півд. півкулі неба. В ньому розташована найяскравіша за видимим блиском зоря всього неба — Сіріус. Видно взимку — 414, 497
Венера — друга від Сонця планета сонячної системи. Після Сонця й Місяця найяскравіше світило на небі. Буває видно під час присмерків на західній стороні неба, під час світанку — на східній. За розмірами і масою близька до Землі — 382, 383—385, 388, 393, 459, 506
Веста — найяскравіша з малих планет; буває видно неозброєним оком; відкрив у 1807 р. німецький астроном Г. Ольберс — 392, 524
Візничий — сузір'я, розташоване в півн. півкулі неба. Найяскравіша зоря — Капелла. Видно майже цілий рік, за винятком пізньої весни — 496
Вісь світу — уявна пряма лінія, навколо якої відбувається видиме добове обертання неба. Вона паралельна осі обертання Землі — 326.
Водолій — див. Зодіакальні сузір'я.

Волопас — сузір'я півн. півкулі неба. Найяскравіша зоря — Арктур. Видно в кінці зими, навесні і влітку — 497

Всесвіт — світ, що оточує нас, нескінченний у просторі, часі і за багатообразністю форм заповнюючої його речовини і її перетворень — 361, 408—419

Гагарін, Юрій Олексійович (нар. 1937) — Герой Радянського Союзу, перший у світі льотчик-космонавт, 12 квітня 1961 р. на космічному кораблі-супутнику «Восток» облетів навколо Землі — 458—463, 529

Газе, Віра Федорівна (1899—1954) — радянський астроном; спільно з акад. Г. А. Шайном займалась вивченням газово-пилових туманностей — 494

Галактика — зоряна система, до якої належить Сонце разом з сонячною системою. В Галактиці нараховується приблизно 150 млрд. зір. Діаметр цієї зоряної системи становить близько 85 тис. світлових років. Усі зорі в Галактиці рухаються навколо її центра — 416—418, 427, 428, 471, 474, 475—476, 478, 490, 491

Галактики (пишуться з малої букви) — зоряні системи, подібні нашій Галактиці — 418, 419, 427, 428, 490, 491—492

Галілей, Галілео (1564—1642) — великий італійський учений; вперше застосував телескоп для спостережень неба; показав, що Молочний Шлях — безліч зір; відкрив фази Венери, обертання Сонця навколо своєї осі, форми рельєфу місяцевої поверхні, чотири великих супутники Юпітера; зробив видатні відкриття у фізиці і механіці — 344—346, 389, 439, 528

Галлей, Едмунд (1656—1742) — видатний англійський астроном, відкрив власний рух зір у просторі; встановив, що комета, названа згодом його ім'ям, належить до сонячної системи і з'являється періодично — 352, 394, 413, 469, 528

Ганський, Олексій Павлович (1870—1908) видатний російський астроном, дослідник природи Сонця — 481—482

Геліотехніка — галузь техніки, що розробляє способи безпосереднього використання сонячної енергії — 375

Геліоцентрична система світу — вчення, обгрунтоване Коперніком, згідно з яким Земля є однією з планет, що обертаються навколо Сонця — центра планетної системи. Це вчення лежить в основі сучасної астрономії — 341—342, 382—393

Геоцентрична система світу — хибне вчення, що панувало в стародавні часи й середні віки і твердило, що Земля нерухома, а Сонце, Місяць, планети і зорі обертаються навколо Землі; спростоване в результаті відкриття Коперніка, який встановив, що Земля — одна з планет сонячної системи — 333—335, 339—340

Геркулес — сузір'я, розташоване в півн. півкулі неба; видно навесні і влітку — 414, 496

Гершель, Вільям (1738—1822) — видатний англійський астроном, відкрив і дослідив багато туманностей, подвійних зір, планету Уран, виявив рух Сонця в просторі серед зір; вперше на основі спостережень намагався з'ясувати будову нашої зоряної системи — Галактики — 414, 415, 469—472, 528

Гіади — зоряне скупчення в сузір'ї Тельця, має близько 100 зір. Розташоване на небі недалеко від зорі Альдебаран — 413

Гіппарх (II ст. до н. е.) — видатний старогрецький астроном; установив поділ зір за їх видимим блиском на зоряні величини (див.), визначив відаль до Місяця та його розміри; склав обширний і для свого часу точний зоряний каталог — 334, 528

Гномон — найдавніший астрономічний прилад; являє собою вертикальну жердину, укріплену на майданчику. За довжиною тіні, що падає від нього, можна судити про висоту Сонця над горизонтом — 436, 507

Годинник — прилад для зберігання і вимірювання часу. Годинники бувають сонячні, маятникові, механічні тощо (див. Хронометр, Клепсидра) — 436—441, 442, 507—508, 510, 511

Гранули — газові утвори на сонячній поверхні, що мають вигляд зерен. Розміри окремих гранул вимірюється сотнями кілометрів — 371, 482

Д'Аламбер, Жан Лерон (1717—1783) відомий французький математик і філософ; розробляв найважчі питання руху небесних тіл — 472

Дельта Цефея — перемінна зоря в сузір'ї Цефея, блиск якої міняється з суворою періодичністю. Період зміни блиску дорівнює 5 добам 8 годинам і 47 хвилинам. Усі перемінні зорі такого типу стали називати за цією зорею цефеїдами (див.) — 411

Денеб — найяскравіша зоря в сузір'ї Лебедя, 1-ї зоряної величини, білого кольору — 410, 496, 525

Дифузні туманності — величезні хмари розсіяної (газової або з твердих частинок — пилинок) речовини, розташовані в міжзоряному просторі. Багато вчених вважає, що зорі і планети виникли з дифузних туманностей в результаті їх ущільнення — 415

Діва — див. Зодіакальні сузір'я.

Доба — одиниця виміру часу, що дорівнює періоду обертання Землі навколо своєї осі — 430, 437

Добове обертання неба — позірне обертання неба навколо полюса світу. Насправді обертається Земля навколо своєї осі, а спостерігачеві на Землі здається, що переміщуються зорі на небі — 325, 327, 328.

Дракон — сузір'я півн. півкулі неба; видно цілий рік — 496

Ейлер, Леонард (1707—1783) — видатний математик, член Петербурзької академії наук. Багато його праць присвячено дослідженню руху тіл сонячної системи — 472.

Екватор небесний — уявна лінія на небесній сфері, утворена перетином з небесною сферою площини, перпендикулярної до осі світу — 328

Екліптика — видимий шлях Сонця на небі серед зір. Екліптика і небесний екватор перетинаються у двох точках — 330

Єдинорог — екваторіальне сузір'я; видно пізно восени і взимку — 416

Жансен, П'єр (1824—1907) — французький астроном, один з піонерів застосування спектрального аналізу в астрономії — 481, 488, 528

Закон всесвітнього тяжіння — закон, який твердить, що будь-які два тіла взаємно притягуються одно до одного і сила їх притягання прямо пропорціональна масам тіл, що притягуються, і обернено пропорціональна квадрату віддалі між ними; відкрив великий англійський учений І. Ньютон (див.) у 1687 р.— **349—352**

Закони руху планет Кеплера — три закони, відкриті Кеплером, яким підпорядковані рухи тіл сонячної системи — 347

Затемнено-подвійні зорі — дуже тісні подвійні зорі. При обертанні навколо спільного центра тяжіння обидві зорі навперемінно заступають одна одну, тому загальний блиск системи під час цих затемнень слабшає. Алголь, або бета Персея — перша з виявлених зір такого типу — 412

Збурення в русі планет — відхилення в русі планет навколо Сонця під впливом притягання інших планет — 478

Земля — планета, на якій ми живемо. Середня віддаль Землі від Сонця прийнята в астрономії як одиниця для вимірювання великих віддалей (див. Астрономічна одиниця) — **385**, 388, 419, 420, **423—424**, 523

Зеніт — точка перетину прямовисної лінії з уявною небесною сферою над головою спостерігача — 327

Змієносець — екваторіальне сузір'я; видно навесні і влітку в півд. районах СРСР — 495

Зодіакальні сузір'я — 12 сузір'їв: Овен, Телець, Близнята, Рак, Лев, Діва, Терези, Скорпіон, Стрілець, Козерог, Водолій, Риби,— розташованих уздовж шляху річного переміщення Сонця по небу серед зір. У кожному з сузір'їв Сонце буває приблизно місяць — **330**, 499; 504—505 (карта)

Зорі — велетенські розжарені, самосвітні газові кулі. Сонце — одна з зір, причому середня за своїми розмірами і світністю. За своїми характеристиками зорі різноманітні. Відрізняють зорі велетні і карлики, одинокі, подвійні і кратні, затемнено-подвійні, перемінні зорі і нові — **323—330**, 356 — 357, 360—362, **408—419**, 525

Зоряна величина — прийнята в астрономії одиниця виміру видимого блиску зір та інших небесних тіл. Чим слабіше світиться зоря, тим більше число, що означає її зоряну величину. Найяскравіші зорі назвали зорями 1-ї величини Найбільш слабкі зорі, які видно неозброєним оком, належать до зір 6-ї зоряної величини До справжніх розмірів зір зоряна величина не має ніякого відношення — **324—325**

Зоряний дощ — див. Метеорний потік.

Зоряні карти — карти з зображенням зоряного неба— 408; 504—505 (карта)

Зоряні каталоги — списки зір, об'єднаних за будь-якою ознакою, наприклад, найяскравіші або найближчі, або зорі, що їх видно в певній частині неба; містять дані про положення зір на небі, про їх блиск та інші відомості — 332, 334, 338, 408

Зоряні скупчення — групи зір, відокремлені між собою меншою віддаллю, ніж звичайні міжзоряні віддалі. Зорі в такій групі зв'язані спільним рухом у просторі і мають спільне походження — 411, **413**, 414, 500

Календар — система лічби часу. В основі його лежать одиниці виміру часу, дані нам самою природою: рік і доба — 331—332, 364, **430—436**

Канопус — найяскравіша зоря в сузір'ї Кіля; належить до надгігантських зір: за світністю вона яскравіша від Сонця в кілька тисяч разів; у наших широтах не видно — 525

Кант, Іммануїл (1724—1804) — німецький учений і філософ; твердив безмежність зоряного Всесвіту; в 1755 р вперше висунув наукову гіпотезу походження небесних тіл — **419—420**, 473

Капелла — найяскравіша зоря в сузір'ї Візничого, нульової зоряної величини, жовтого кольору — 410, 496, 525

Кассіопея — добре відоме всім сузір'я півн. півкулі неба; в півн. районах і середній смузі Радянського Союзу є сузір'ям, що не заходить, у крайніх півд. районах добре видно влітку і восени — 496

Кастор — друга за яскравістю зоря в сузір'ї Близнят, 2-ї зоряної величини — 497

Кеплер, Йоганн (1571—1630) — великий німецький астроном; установив три основних закони, за якими рухаються планети навколо Сонця — **346—347**, 528

Кертіс, Хебер (1872—1942) — відомий американський астроном. Доводив, що багато туманностей є далекими зоряними системами, подібними до нашої Галактики. Цю думку підтвердило в 1924 р відкриття Хаббла — 490

Кит — сузір'я півд. півкулі неба; видно восени і на початку зими — 411

Клепсидра — водяний годинник, яким користувалися в давнину. В Європі ним користувалися до XVIII ст.— 436—437, 438
Клеро, Алексіс Клод (1713—1765) — видатний французький математик; вивчав рухи тіл сонячної системи — 472
Ковальський, Маріан Альбертович (1821—1884) — видатний російський астроном Найважливіші його праці присвячені вивченню руху зір, Галактиці— 477—479
Козерог — див. Зодіакальні сузір'я.
Комети — небесні тіла, що входять до складу сонячної системи; мають вигляд туманних плямочок з яскравим згустком у центрі — ядром. У яскравих комет при наближенні до Сонця з'являється хвіст у вигляді світної смуги — 393—399, 479—481; 392—393 (кольор рис.)
Копернік, Миколай (1473—1543) — великий польський учений; один з найвидатніших діячів епохи Відродження. Спростував хибну геоцентричну систему світу Арістотеля — Птолемея, відкрив справжню будову сонячної системи, в якій Земля — тільки рядова планета — 322, 339—342, 408, 528
Корма — сузір'я, розташоване в півд. півкулі неба; в СРСР видно лише півн. частину його зимової пори — 416
Коронограф — телескоп з фотографічною камерою, за допомогою якої фотографують сонячну корону — 380
Космогонія — відділ астрономії, присвячений з'ясуванню походження й розвитку зір і зоряних систем Землі та інших планет — 419—424
Кулик, Леонід Олексійович (1883—1942) — радянський учений; займався вивченням метеоритів, особливо вивченням обставин падіння Тунгуського метеорита — 405
Кульмінація світила — явище проходження світила через небесний меридіан (див.) — 327—328
Кульові скупчення — див. Зоряні скупчення.

Ламберт, Йоганн Генріх (1728—1777) — німецький учений і філософ; доводив, що наша зоряна система — одна з незліченних зоряних систем у безмежному Всесвіті — 469, 474
Лаплас, П'єр Сімон (1749—1827) — видатний французький математик і астроном. Основні праці Лапласа присвячені опрацюванню теорії руху тіл сонячної системи на основі закону всесвітнього тяжіння. Розробив гіпотезу утворення Сонця і планет — 419—420, 472—473
Лебедєв, Петро Миколайович (1866—1912) — видатний російський фізик. Для астрономії дуже важливе доведення Лебедєвим на основі найточніших дослідів існування тиску світла (див.) — 396, 479
Лебідь — сузір'я півн. півкулі неба Найяскравіша зоря — Денеб. Видно з весни до зими. 61 Лебедя — подвійна зоря, 5-ї зоряної величини; одна з зір, до яких уперше визначили віддалі; яскравіша з цієї подвійної зорі має невидимого супутника, маса якого в 40 раз менша маси Сонця — 413, 416, 427, 457, 496
Лев — див. Зодіакальні сузір'я.
Левер'є, Урбен (1811—1877) — видатний французький астроном. На основі його обчислень у 1846 р. було відкрито планету Нептун — 352, 391, 528
Лексель, Андрій Іванович (1740—1784) — російський астроном. Дослідив рух комети, названої згодом його ім'ям. Довів, що відкрите В. Гершелем нове небесне тіло є насправді планетою, названою Ураном — 352, 395, 470
Лівітт, Генріетта (1868—1921) — американський астроном; встановила залежність між періодом зміни блиску перемінних зір — цефеїд — і їх світністю; це відкриття має величезне значення для визначення віддалей до далеких зоряних систем — 491, 528
Ліра — сузір'я в півн. півкулі неба. Найяскравіша зоря — Вега — 414, 415, 496
Ломоносов, Михайло Васильович (1711—1765) — геніальний російський учений-енциклопедист; був видатним астрономом своєї епохи. Він відкрив існування атмосфери у Венери, створив новий тип телескопа, розробив ряд приладів і методів для потреб практичної астрономії; багато зробив для вивчення нашої країни в астрономо-географічному відношенні — 374, 384, 467—469, 528
Лундмарк, Кнут (1889—1958) — видатний шведський астроном; у 1920 р. визначив віддаль до туманності в Андромеді і встановив, що вона знаходиться далеко за межами нашої Галактики — 490

Магелланові Хмари (Велика і Мала) — найближчі до нашої Галактики зоряні системи; мають неправильну форму; розташовані в півд. півкулі неба і в СРСР не видно; в них дуже багато велетенських і надвелетенських зір, зокрема в Магелланових Хмарах виявлено зорі (напр., зоря S Золотої Риби), що випромінюють у мільйони разів більше світла, ніж Сонце — 491
Максутов, Дмитро Дмитрович (нар. 1896) — радянський оптик; створив телескоп нового типу, який називають менісковим і він має надзвичайно високі оптичні якості — 354, 504, 528
Мала Ведмедиця — сузір'я півн. півкулі неба, в якому знаходиться Полярна зоря, розташована поблизу півн. полюса світу; завжди видно в нашій країні — 496
Малий Пес — екваторіальне сузір'я; видно восени, взимку і рано навесні. Найяскравіша зоря — Проціон — 497
Малі планети, або астероїди — невеликі тіла, що входять до складу сонячної системи; мають розміри від 800 до 1—2 *км* і менше в поперечнику; рухаються навколо Сонця за тими самими законами, що й планети. Більшість малих планет рухається навколо Сонця в просторі між орбітами Марса і Юпітера. Деякі з них (напр., Ікар, Гермес) мають надзвичайно витягнуті орбіти і іноді виявляються ближче до Сонця, ніж Земля і навіть Меркурій— 392—393, 524

Марс — четверта від Сонця планета сонячної системи; повний оборот навколо Сонця здійснює за 1 рік і 11 місяців — **385—387**, 391, 393; 392—393 (кольор. рис.)

Меніск — опукло-вгнута лінза; використовують в оптичній системі меніскового телескопа Максутова — 354

Меніскový телескоп — дзеркально-лінзовий телескоп. Оптична система його складається із сферичного вгнутого дзеркала і меніска; розробив Д. Д. Максутов — 354, 355, **504**, 522, 528

Мерехтіння зір — невеликі швидкі коливання блиску зір, спричинювані коливаннями шарів повітря в атмосфері Землі — 411, 499

Меридіан небесний — уявна лінія на небесній сфері, що проходить через полюси світу і зеніт місця спостереження. Меридіан перетинає лінію горизонту в точках півночі і півдня — 327

Меркурій — найближча до Сонця планета сонячної системи, звернений до Сонця завжди однією і тією ж стороною — **382—383**, 393

Метагалактика — величезна сукупність зоряних систем (галактик) і скупчень галактик. Всі видимі в найсильніші телескопи зоряні системи становлять тільки частину Метагалактики, границі якої поки лишаються неприступними. Але й Метагалактика, мабуть, тільки мізерна частина безмежного Всесвіту — 361, **418—419**, 428, 490, 492

Метеори — небесні явища, що дістали в народі назву «падаючих зір». Їх поява зв'язана з тим, що в атмосферу Землі з міжпланетного простору влітають найдрібніші тверді частинки, які згоряють в атмосфері. Дуже яскраві метеори називають болідами (див.). Спостереження над метеорами мають велике значення для розвитку фізичного стану верхніх шарів атмосфери — **399—401**, 410, 428

Метеорити — камені або куски заліза, що впали на Землю з міжпланетного простору. Метеорити складаються з тих же хімічних елементів, що й Земля — **401—408**

Метеоритний дощ — випадіння на невеликій площі земної поверхні відразу великої кількості окремих метеоритів, що утворилися в результаті вибуху в повітрі одного великого метеориту — 404

Метеорний потік — періодична поява на небі великої кількості метеорів. Це пояснюється зустріччю Землі з метеорним потоком. За деяких обставин Земля, перетинаючи орбіту метеорного рою, потрапляє в найгустішу його частину, і тоді спостерігається «зоряний дощ» — 399, 400—**401**, 480; 408—409 (кольор. рис.)

Метеоритні кратери — великі заглибини в земній поверхні, що утворилися від падіння велетенських метеоритів (див. «Ущелина Диявола») — 404

Миколай Кузанський (1401—1464) — видатний філософ і вчений епохи Відродження, який висловлював думку про рух Землі і про те, що вона не є центром Всесвіту. Кузанський був одним з попередників Коперніка — 340

Михайлов, Олександр Олександрович (нар. 1888) — видатний радянський астроном, з 1947 р. — директор Пулковської обсерваторії — 379

Міжзоряне середовище — розріджена речовина, що заповнює простір між зорями; складається з газу і невеликих твердих частинок (пилу), здебільшого зібраних у туманності (див.). До міжпланетного середовища входять ті ж хімічні елементи, з яких складаються Сонце й зорі — 417, 474—476

Місяцеве затемнення — небесне явище, спричинюване тим, що Місяць, обертаючись навколо Землі, потрапляє в її тінь і стає невидимим — 365, **381**, **527**

Місяць — супутник Землі. Радіус його трохи більший 1/4 земного; об'єм у 50 раз менший від об'єму Землі Місяць завжди звернений до нас одною і тією ж стороною. На Місяці нема атмосфери — **363—368**, 428, 431, 499, 505, 506, **523**, 525; 366—367 (карта)

Міцар — середня зоря в ручці ковша сузір'я Великої Ведмедиці; спільно з Алькором (див.) утворює подвійну зорю — 326

Молочний Шлях — широка світна смуга, добре видима на небі темних осінніх і зимових ночей; складається з безлічі зір; всі вони входять у нашу зоряну систему — Галактику (див.), однією із зір якої є Сонце Молочний Шлях — це найгустіша частина Галактики — **415—416**, 469, 471, 490, 491

Насіреддін Тусі (1201—1274) — видатний азербайджанський астроном і математик; заснував обсерваторію в м. Маразі; склав дуже важливий для свого часу каталог зір — 335, 337

Небесна механіка — розділ астрономії, присвячений вивченню руху небесних тіл, і в першу чергу тіл, які становлять нашу сонячну систему, на основі закону всесвітнього тяжіння — 351, **391**, 445

Небесний екватор — див. Екватор небесний.

Небесний меридіан — див. Меридіан небесний.

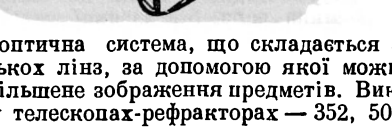
Нептун — восьма від Сонця планета сонячної системи; відкрив у 1846 р. німецький астроном Галле на основі обчислень Левер'е — 352, **391**, 393, 477

Неуймін, Григорій Миколайович (1886—1946) — радянський астроном; у 1944—1946 рр. — директор Пулковської обсерваторії; відкрив багато малих планет і 6 комет — 392, 398

Нові зорі — зорі, випромінювання яких несподівано збільшується в тисячі разів, а потім повільно зменшується Іноді в нашій та інших галактиках спостерігаються спалахи «наднових» зір. При таких спалахах зорі випромінюють світло в мільйони і в сотні мільйонів разів інтенсивніше, ніж Сонце. Причин таких спалахів наука цілком ще не з'ясувала — 412

Новомісяччя — див. Фази Місяця.

Ньютон, Ісаак (1643—1727) — геніальний англійський фізик, механік, астроном і математик; відкрив закон всесвітнього тяжіння, вперше пояснив причину явищ припливів і відпливів — **348—349**, 350, 351, 393, 528



Об'єктив — оптична система, що складається з однієї або кількох лінз, за допомогою якої можна одержати збільшене зображення предметів. Використовують у телескопах-рефракторах — 352, 500

Обсерваторія астрономічна — див. Астрономічна обсерваторія.
Овен — див. Зодіакальні сузір'я.
Окуляр — частина телескопа; служить для розглядання зображення, утворюваного об'єктивом; складається звичайно з кількох лінз — 352, 500
Оорт, Ян Хендрік (нар. 1900) — видатний сучасний голландський астроном; у 1927 р. остаточно довів обертання нашої зоряної системи — Галактики навколо її центрального зоряного згущення (ядра Галактики) — 478, 528
Орбіта — шлях, по якому рухається в просторі небесне тіло — 341, 347
Орел — екваторіальне сузір'я; видно влітку і восени. Найяскравіша зоря — Альтаїр — 416
Оріон — екваторіальне сузір'я; видно восени і взимку. Найяскравіші зорі — Бетельгейзе і Рігель — 415, 497
Орлов, Сергій Володимирович (1880—1958) — видатний радянський дослідник фізичної природи комет, їх походження і зв'язку з малими планетами і метеорами — 407, 481

Падаючі зорі — див. Метеори.
Палласове залізо — метеорит, знайдений у Сибіру ковалем Медведєвим і привезений у 1772 р. до Петербурга за розпорядженням російського мандрівника і природодослідника Палласа — 402, 403
Паралакс зоряний, або річний, — кут, під яким з тієї або іншої зорі було б видно радіус земної орбіти (149 500 000 *км*). Ця величина є мірою віддалі до зір (див. Парсек) — 409
Паралакс сонячний — кут, під яким із Сонця було б видно півдіаметр земної кулі (6370 *км*). Ця величина визначає віддаль від Землі до Сонця — 409
Парсек — одиниця віддалі, прийнята в астрономії. Один парсек — це віддаль, з якої радіус земної орбіти (149 500 000 *км*) приймається під кутом в одну секунду дуги (1″,0). Парсек дорівнює 3,26 світлового року (див.), або приблизно тридцять одному трильйону кілометрів — 409
Пегас — сузір'я, розташоване в півн. півкулі неба; видно в кінці літа, восени і на початку зими — 497
Перемінні зорі — зорі, блиск яких з часом змінюється. Залежно від характеру цієї зміни і причин, що її викликають, їх поділяють на різні типи (див. Цефеїди, Затемнено-подвійні зорі, Нові зорі) — 411—412, 488, 500
Персей — сузір'я, розташоване в півн. півкулі неба; видно майже цілий рік, крім пізньої весни. В нього входить перемінна зоря Алголь (див.) — 496
Піацці, Джузеппе (1746—1826) — італійський астроном; відкрив першу малу планету — Цереру — 392, 528
Південний Хрест — найбільш відоме сузір'я півд. півкулі неба; в СРСР не видно — 328, 416
Північна Корона — сузір'я, розташоване в півн. півкулі неба. Найяскравіша зоря — Гемма. Видно завжди — 497
Пікар, Жан (1620—1682) — французький астроном; виміряв дугу земного меридіана між Парижем і Ам'єном, що дало можливість більш точно визначити розміри Землі — 350
Пікерінг, Едуард (1846—1919) — американський астроном; займався дослідженням перемінних зір. Йому належить також прийнята всіма астрономами класифікація спектрів зір — 491
Планетарій — проекційний апарат, за допомогою якого відтворюють картини зоряного неба і руху небесних тіл. Планетаріями називаються також науково-освітні установи, в яких установлюють апарати «планетарії» і проводять роботу по поширенню астрономічних знань серед населення — 515—522; 512—513 (кольор. рис.)
Планетарні туманності — туманності круглої форми, видимі в телескоп у вигляді маленьких дисків, що нагадують собою диск планети; іноді мають вигляд кільця з яскравою зорею в центрі; складаються з дуже розрідженого газу. Всередині такої газової туманності завжди є гаряча зоря — 414
Планети — небесні тіла, що входять до складу сонячної системи і, безперечно, є і в системах інших зір; мають кулясту форму; світять відбитим від їх поверхні сонячним світлом — 382—393, 467—469.
Планетна система — див. Сонячна система.
Плеяди — зоряне скупчення; належить до типу розсіяних скупчень; розташоване в сузір'ї Тельця — 413, 414, 500
Плутон — дев'ята за віддаллю від Сонця, найдальша планета сонячної системи. Відкрив у 1930 р. астроном Томбоу (США) — 391, 393
Повномісяччя — див. Фази Місяця
Поглинання світла — послаблення видимого блиску далеких зір, яке спричинюють хмари темної пилової матерії, що заповнюють значні області міжзоряного простору — 476
Подвійні зорі — системи, що складаються з двох зір, кожна з яких обертається навколо їх спільного центра тяжіння. Звичайно одна з зір у парі буває яскравіша, і її називають головною зорею, а другу — її супутником (напр., Міцар і його супутник Алькор). Системи, що складаються з трьох, чотирьох або більше зір, називаються кратними зорями — 326, 412—413, 470, 474, 500
Поллукс — найяскравіша зоря в сузір'ї Близнят, 1-ї зоряної величини, жовтого кольору — 497, 525
Полюс світу — перетин уявної осі світу з уявною небесною сферою. Півн. полюс знаходиться в сузір'ї Малої Ведмедиці, поблизу Полярної зорі, півд. полюс — у сузір'ї і Октанта — 325, 327
Полярна зоря — найяскравіша зоря в сузір'ї Малої Ведмедиці. Названа Полярною, бо розташована поблизу півн. полюса світу. Блиск її дорівнює 2-й зоряній величині — 325, 326, 496, 510
Полярні сяйва — електричне свічення неба вночі, що буває найчастіше в полярних областях Землі — 374
Попелясте світло — слабке свічення не освітленої безпосередньо Сонцем частини місяцевого диска; пояснюється освітленням Місяця сонячним світлом, відбитим від поверхні Землі — 364

Припливи і відпливи — періодичне наступання і відступання води коло берегів океанів. Спричиняються дією притягання Місяця і Сонця на Землю — 368

Протистояння Марса — положення Марса на орбіті, коли він і Земля знаходяться по одну сторону від Сонця і приблизно на одній прямій лінії. Якщо протистояння трапиться в той момент, коли ця віддаль найменша (55,5 млн. *км*), то таке протистояння називають великим. Воно створює найбільш сприятливі умови для спостереження Марса. Великі протистояння повторюються через кожні 15—17 років — 386

Протуберанці — величезні виступи химерної форми, що іноді швидко змінюється, в сонячній атмосфері; складаються з розжарених газів — 372—373, 482, 376—377 (кольор. рис.)

Проціон — найяскравіша зоря в сузір'ї Малого Пса. Зоря ця подвійна, має супутник, який є білим карликом — 410, 457, 497, 525

Птолемей, Клавдій (II ст.) — один з найбільших астрономів старовини; розробив геоцентричну систему світу, яка панувала в науці аж до великого відкриття Коперніка, опублікованого в 1543 р. — 334—335, 528

Радіант — точка на небесній сфері, звідки (як уявляється для спостерігача з Землі) вилітають метеори при зустрічі Землі з метеорним потоком — 400

Радіоастрономія — нова галузь астрономії, яка досліджує радіопроміння, що приходить на Землю з далеких глибин світового простору, відкриває нові можливості для вивчення небесних тіл — джерел цього випромінювання. Вивчають космічне радіовипромінювання за допомогою радіотелескопів — 425—428

Рак — див. Зодіакальні сузір'я.

Регул — найяскравіша зоря в сузір'ї Лева, 1-ї зоряної величини, білого кольору — 497, 525

Рефлектор — телескоп, в якому зображення небесних світил одержують за допомогою відбивання від вгнутого дзеркала — 349, 353—354

Рефрактор — телескоп, в якому зображення небесних світил одержують за допомогою лінзового об'єктива, що створює зображення, яке можна розглянути оком в окуляр або сфотографувати. В останньому випадку рефрактор називають астрографом — 353—354

Риби — див. Зодіакальні сузір'я.

Рігель — найяскравіша зоря в сузір'ї Оріона, нульової зоряної величини, білого кольору; за світністю надгігант: її світність у 23000 раз більша світності Сонця — 410, 497, 525

Рік — одиниця виміру часу, що дорівнює проміжку, який відповідає одному повному обороту Землі навколо Сонця. Рік дорівнює 365 добам 5 годинам 48 хвилинам і 46 секундам з частинами — 431, 432—436

Сатурн — шоста за віддаллю від Сонця планета сонячної системи; має дев'ять супутників, найбільший з них—Титан—389—391, 489; 392—393 (кольор рис.)

Світловий рік — одиниця віддалі в астрономії; означає віддаль, яку світло, поширюючись із швидкістю 300 000 *км/сек*, проходить за один рік. Світловий рік дорівнює 63 290 астрономічним одиницям, або дев'яти з половиною трильйонам кілометрів — 409

Світловий тиск — див. Тиск світла.

Світність зір — величина, прийнята в астрономії для вираження потужності випромінювання зорі у порівнянні з випромінюванням Сонця. За своєю світністю зорі поділяються на гіганти і карлики. Гіганти випромінюють світло в сотні і навіть тисячі разів сильніше Сонця. Є зорі-надгіганти, які випромінюють світло в десятки і сотні тисяч разів більше, ніж Сонце. Зорі-карлики випромінюють світло, як Сонце, або в багато разів слабкіші від нього — 410

Секкі, Анджело (1818—1878) — італійський астроном; один з перших вивчав спектри зір, Сонця і планет — 488

Система світу Коперніка — див. Геліоцентрична система світу.

Сіріус — найяскравіша зоря сузір'я Великого Пса і всього неба; має супутник, який є білим карликом — 352, 415, 432, 457, 497, 525

Сіхоте-Алінський метеорит — метеорит, що впав 12 лютого 1947 р. в районі гірського хребта Сіхоте-Алінь на Далекому Сході — 405—406; 408—409 (кольор. рис.)

Скорпіон — див. Зодіакальні сузір'я.

Служба Сонця — роботи, пов'язані з систематичними спостереженнями за станом поверхні Сонця; проводяться за допомогою спеціальних сонячних телескопів. У Радянському Союзі Службу Сонця ведуть на кількох астрономічних обсерваторіях і спеціальних станціях — 374, 444—445

Служба часу — роботи, пов'язані з визначенням точного часу з астрономічних спостережень, зберіганням часу, за допомогою точних астрономічних годинників і повідомленням часу шляхом радіосигналів — 357, 443—445

Снелліус, Віллеборд (1580—1626) — голландський математик і астроном; винайшов способи вимірювання дуги меридіана, які застосовують і тепер — 350

Сонце — найближча до нас зоря, центральне тіло нашої сонячної системи; знаходиться від Землі на віддалі 149,5 млн. *км* — 356, 357, 369—375, 390, 410, 411, 417, 426, 427, 487, 524

Сонячна корона — крайня зовнішня частина атмосфери Сонця. Під час повних сонячних затемнень корону видно у вигляді сріблясто-перлистого сяяння, що оточує закритий Місяцем диск Сонця — **372—373**. 380, 426, 481; 376—377 (кольор. рис.)

Сонячна система, або планетна система — сукупність небесних тіл — планет, астероїдів, комет і т. д., — що обертаються навколо Сонця під дією сили його тяжіння — 349—352, **382, 393**, 417, 418, 419, 420, 421—423, 472

Сонячна стала—кількість сонячної енергії, що падає на 1 *см*² поверхні на границі земної атмосфери— **481—482**

Сонячне затемнення — небесне явище, зумовлене тим, що Місяць, обертаючись навколо Землі, проходить між нею і Сонцем і закриває собою сонячний диск. Затемнення бувають повні, кільцеподібні і часткові — 365, **375—381**, 526

Сонячний годинник — див. Годинник

Сонячні плями — являють собою воронкоподібні вихрові рухи більш холодних газів на поверхні Сонця. Кількість плям у році змінюється. Найменше плям буває приблизно через кожні 11 років — 370, **371**, 505

Сонячні установки — споруди, які використовують безпосередньо сонячну енергію для потреб народного господарства — 374—375

Спектральний аналіз — метод в астрофізиці, який дозволяє вивчати хімічний склад світил за допомогою дослідження їх спектрів (див. Спектри небесних світил) — **355—357**, 488

Спектри небесних світил — промені світла небесних тіл, розкладені за допомогою призми на складові кольори. Вивчення спектрів дає можливість встановити не тільки хімічний склад далеких небесних тіл (зір, туманностей, планет і т. д.), але й стан речовини в них, а тому є одним з найважливіших методів астрономії — **355—357**; 376—377 (кольор. табл.)

Спектрограф — спектральний прилад, сполучений з фотографічною камерою, за допомогою якого можна одержувати знімки спектрів — 488

Спіка — найяскравіша зоря в сузір'ї Діви, 1-ї зоряної величини, голубуватого кольору — **497**, 525

Стрілець — див. Зодіакальні сузір'я.

Струве, Василь Якович (1793—1864) — видатний російський астроном, засновник і перший директор Пулковської обсерваторії; досліджував будову Молочного Шляху і заклав основи сучасних уявлень про будову нашої зоряної системи — Галактики — 322, 409, 417, **474—477**, 528

Струве, Отто (нар. 1897) — американський астроном, правнук В. Я. Струве, відомий учений в галузі вивчення зоряних спектрів; спільно з радянським астрономом Г. А. Шайном відкрив обертання зір — 493, 528

Сузір'я — ділянки, на які поділяють зоряне небо згідно з фігурами, утворюваними яскравими зорями. Всього нараховують 88 сузір'їв; ними користуються для орієнтування на зоряному небі. Належність зір до одного сузір'я — це їх «видима», або «перспективна», близькість. Насправді зорі, зараховувані до одного сузір'я, знаходяться на найрізноманітніших віддалях від нас — **325—326, 495—497**, 511; 504—505 (карта)

Супутники планет — небесні тіла, які обертаються навколо планет під дією сили їх тяжіння; світять відбитим від їх поверхні сонячним світлом. Супутником Землі є Місяць — 387, 388, 389, 391, 525

Т

Телескоп — інструмент з оптичним обладнанням для спостережень небесних світил — **352—354**, 500—503, 505—506

Телець — див. Зодіакальні сузір'я.

Терези — див. Зодіакальні сузір'я.

Тиск світла — механічна дія світла, що створюється ним на частинки, які знаходяться на шляху його поширення. Тиск світла на тверді тіла і на гази вперше виявив і виміряв російський фізик П. М. Лебедєв (див.) у 1899—1909 рр. — **396**, 479

Титов, Герман Степанович (нар. 1935) — Герой Радянського Союзу, льотчик-космонавт, на керованому ним космічному кораблі-супутнику «Восток-2» вперше в світі пробув у космосі 25 годин і 17 раз облетів навколо Землі — **464—466**, 529

Тихов, Гаврило Адріанович (нар. 1875) — радянський астроном; відомий своїми дослідженнями планети Марс і кольору небесних світил — 387

Тіхо Браге (1546—1601) — видатний датський астроном-спостерігач. У своїх дослідженнях досяг найбільшої точності, яку можна було одержати без телескопів. Його спостереження використав Кеплер для встановлення законів руху планет — 346, 393, 512

Туманності — величезні скупчення газової або твердої (пилової) речовини, розташовані в міжзоряному просторі в нашій та інших галактиках Далекі галактики, які раніше помилково приймали за туманності, і тепер ще називають позагалактичними туманностями (в цьому випадку назву «туманність» треба розуміти умовно) — **414—415**, 462—463, 490—491, 493—494

Тунгуський метеорит — велетенський метеорит, що впав 30 червня 1908 р. в сибірській тайзі, в районі р. Підкам'яної Тунгуски — 404—405

У

Улуг-бек, Мухаммед (1394—1449) — видатний узбецький астроном і математик; збудував у Самарканді чудову обсерваторію; спільно з іншими видатними астрономами того часу склав зоряний каталог і таблиці руху планет, найточніші для своєї епохи — **337—338**

Уран — сьома за віддаллю від Сонця планета сонячної системи. Відкрив у 1781 р. В. Гершель; має п'ять супутників — 352, **391**, 470

Ущелина Диявола — велетенський метеоритний кратер в Арізоні (США). Поперечник його більше кілометра, а глибина 170 *м* — 404

Фази Місяця — різні форми видимої частини Місяця. Відрізняють чотири основні фази; новомісяччя — Місяця не видно; перша чверть — видно половину місяцевого диска; повномісяччя — диск Місяця освітлений повністю; остання чверть — видно знову половину диска Місяця — **363—364**, 509

Факели — яскравіші, ніж навколишня фотосфера, ділянки на Сонці — 371

Фесенков, Василь Григорович (нар. 1889) — видатний радянський астроном, автор важливих досліджень з різних питань астрофізики; висунув гіпотезу походження зір шляхом згущення газово-пилових туманностей, а також гіпотезу походження сонячної системи — 407, 422, 424

Фомальгаут — найяскравіша зоря в сузір'ї Півд. Риба, 1-ї зоряної величини, білого кольору — 525

Фотометр — прилад, за допомогою якого можна визначати блиск небесних світил — 484

Фотометрія — розділ астрофізики, що займається дослідженням і визначенням блиску небесних світил — 484

Фотосфера Сонця — видима поверхня Сонця — **370—371**

Хаббл, Едвін (1889—1953) — видатний американський астроном; уперше в 1924 р. встановив, що далекі туманності, зокрема туманність в Андромеді, є зоряними системами, рівноправними з нашою Галактикою. Цим було доведено, що наша зоряна система — не єдина у Всесвіті — 418, 490—492, 528

Хеггінс, Вільям (1824—1910) — видатний англійський астрофізик; один з перших вивчав спектри зір — 488

Хладні, Ернст Флоренс Фрідріх (1756—1827) — німецький учений; вперше показав, що метеорити мають несподіване (космічне) походження — 402

Хромосфера — нижні шари атмосфери Сонця, що безпосередньо прилягають до фотосфери (див.); простягається до висоти 15 000 *км* над фотосферою — **372**, 426

Хронометр — точний пісковий годинник — **440—441**

Центавр — сузір'я, розташоване в південній півкулі неба. Найяскравіша зоря його — альфа Центавра, найближча до сонячної системи. В СРСР не видно — 328, 361, 410, **525**

Цераська, Лідія Петрівна (1855—1931) — перша жінка-астроном у Росії; працюючи на Московській обсерваторії, відкрила 219 перемінних зір — 484

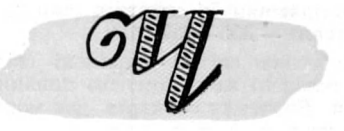
Цераський, Вітольд Карлович (1849—1925) — видатний російський астроном, проф. Московського університету. Видатний дослідник в галузі фотометрії зір — **483—484**

Церера — перша за часом відкриття і найбільша з малих планет; відкрив італійський астроном Піацці в 1801 р. — 392, 393, 524

Цефеїди — різновидність перемінних зір. Усі цефеїди є зорями-гігантами або надгігантами. Зміна блиску в них відбувається суворо періодично. Відкриття залежності між періодом зміни блиску в цефеїд і їх світністю мало величезне значення. Воно дало можливість визначити віддаль до дуже далеких зоряних систем, якщо в них є цефеїди — **411—412**, 488, 491

Цефей — сузір'я, розташоване поблизу півн. полюса світу, а тому його видно в нас цілий рік. У ньому знаходиться перемінна зоря дельта Цефея — 416, 496

Ціолковський, Костянтин Едуардович (1857—1935) — видатний російський учений, який зробив ряд великих відкриттів в області ракетної техніки і теорії міжпланетних сполучень — **445—448**



Час декретний — за декретом Радянського уряду в 1930 р. всі годинники в нашій країні перевели на 1 годину вперед — 442

Час місцевий — у зв'язку з обертанням Землі навколо своєї осі на кожному меридіані Землі свій дійсний час — місцевий — 357, 440—441

Час поясний — всю земну кулю поділено на 24 пояси, які знаходяться один від одного на віддалі 15° довготи; всередині кожного поясу громадянський час домовилися вважати однаковим — **441—442**, 443

Шайн, Григорій Абрамович (1892—1956) — видатний радянський астроном, один з найвидатніших астрономів нашої епохи. Його основні праці присвячені вивченню спектрів зір і структури дифузних туманностей. Встановив спільно з американським астрономом О Струве обертовий рух зір —415, 492—494, 528

Шмідт, Отто Юлійович (1891—1956) — відомий радянський математик і полярний дослідник; роз-

робив гіпотезу утворення Землі і планет з холодних пилинок і газів, що оточували свого часу Сонце — 421—423, 424

Штернберг, Павло Карлович (1865—1920) — астроном і революційний діяч; працював у багатьох галузях астрономії, активний учасник Великої Жовтневої соціалістичної революції і громадянської війни — 484—487

Штучні супутники Землі — штучні небесні тіла, наукові лабораторії, оснащені автоматичними приладами для дослідження верхніх шарів атмосфери і вивчення деяких явищ у позаземному просторі — 445, 448—450, 528

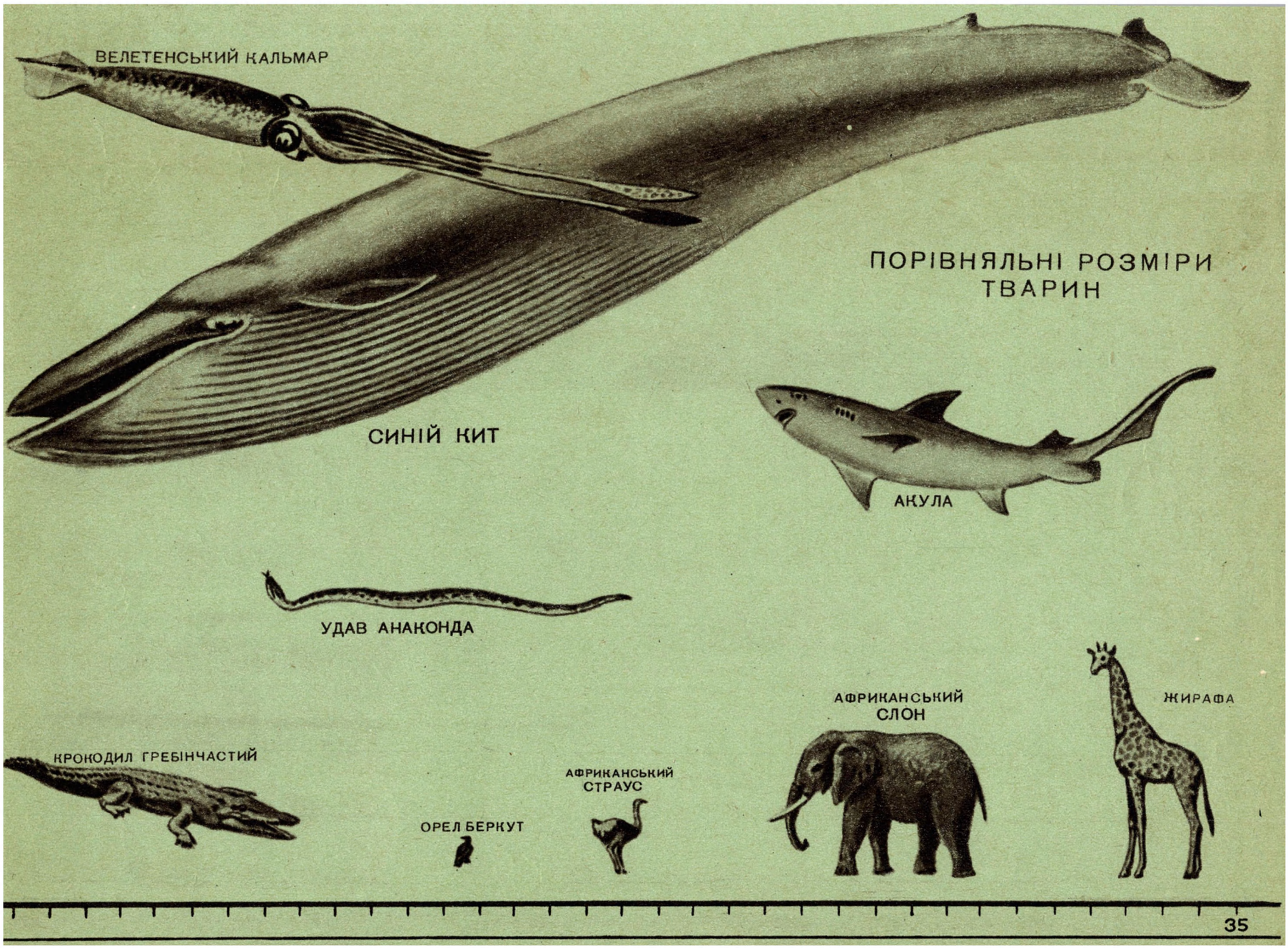
Ю

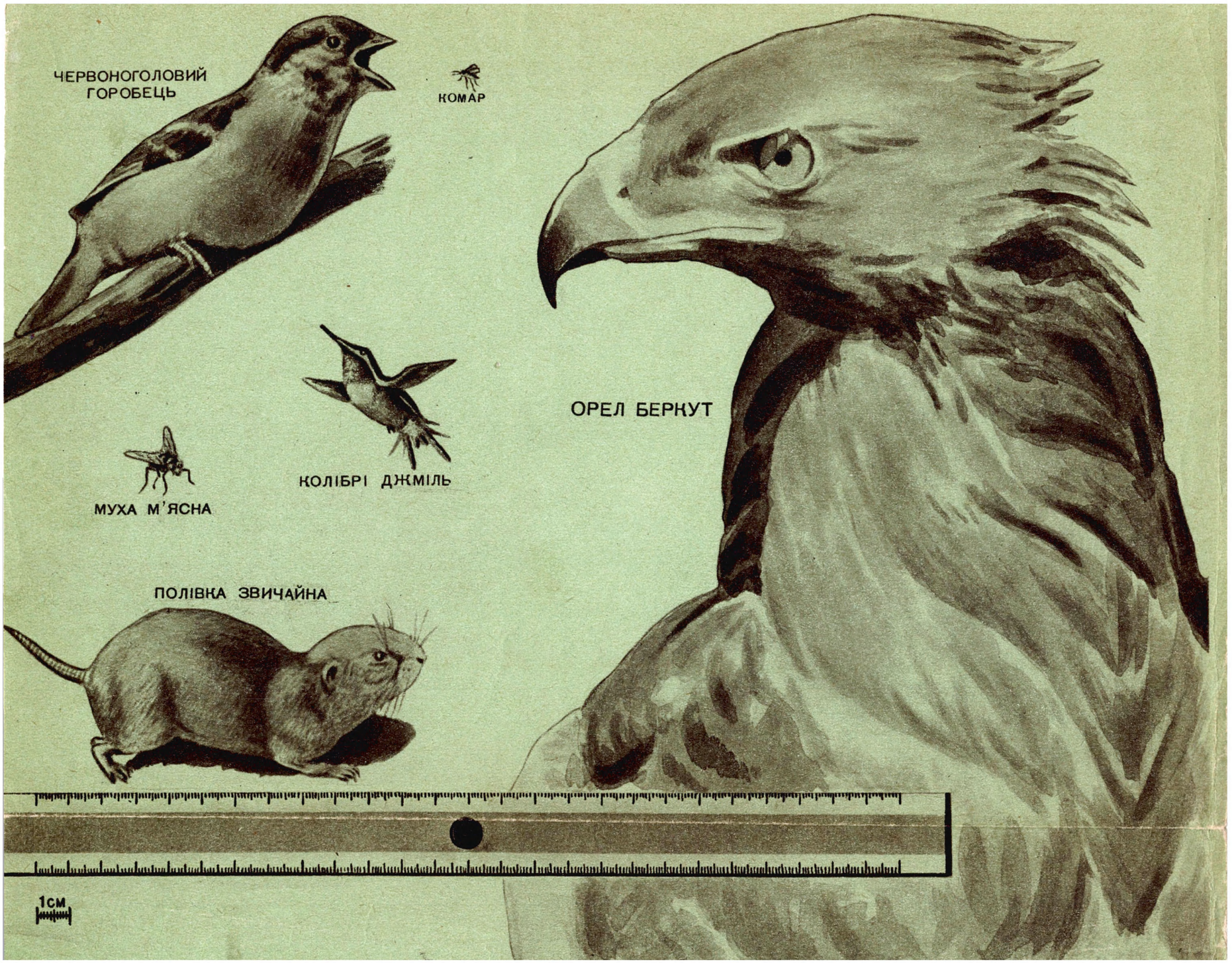
Юпітер — п'ята за віддаллю від Сонця планета сонячної системи; має обширну атмосферу, що складається (як і атмосфери Сатурна, Урана і Нептуна) з отруйних газів — аміаку і метану. В Юпітера 12 супутників, з них чотири відкрив Галілей у 1610 р. — 387—389, 393, 426, 505, 506, 525

Умовні позначення і скорочення

акад.	— академік
влк.	— вулкан
г	— грам маси
Г	— грам сили (вага)
г/см³	— грам у кубічному сантиметрі
д-ва	— держава
див.	— дивись
до н. е.	— до нашої ери
екв.	— екваторіальний (у довідкових таблицях)
з-ця	— залізниця
з-ий	— залізничний
з.д.	— західної довготи
ін., та ін.	— інші, інший, та інше
квт-г	— кіловат-година
кг	— кілограм маси
кГ	— кілограм сили (вага)
км	— кілометр
км²	— квадратний кілометр
км³	— кубічний кілометр
км/сек	— кілометрів за секунду
км/год	— кілометрів за годину
кольор. рис.	— кольоровий рисунок
кольор.табл.	— кольорова таблиця
Л.	— Ленінград (у бібліографічному покажчику)
л	— літр
М.	— Москва (у бібліографічному покажчику)
м	— метр
м²	— квадратний метр
м³	— кубічний метр
мб	— мілібар
мг	— міліграм маси
мГ	— міліграм сили (вага)
м., мм.	— місто, міста
мм	— міліметр
мм²	— квадратний міліметр
мм³	— кубічний міліметр
млн.	— мільйон
млрд.	— мільярд
нар.	— народився (у покажчику)
н. е.	— нашої ери
о-в	— острів
о-ви	— острови
оз.	— озеро
парсек	— паралакс-секунда
пд.	— південь, півдня (у довідкових таблицях)
пд.з., пд.-з.	— південний захід, південно-західний (у покажчику)
пд.с., пд.-с.	— південний схід, південно-східний (у покажчику)
пд.ш.	— південної широти
пн.	— північ, півночі (у довідкових таблицях)
пн.з., пн.-з.	— північний захід, північно-західний (у покажчику)
пн.с., пн.-с.	— північний схід, північно-східний (у покажчику)
пн.ш.	— північної широти
п-ів	— півострів
проф.	— професор
р., рр.	— рік, роки (біля цифри)
р., рр.	— ріка, ріки (біля назви)
рис.	— рисунок
см	— сантиметр
см²	— квадратний сантиметр
см³	— кубічний сантиметр
ст.	— століття
ст. ст.	— за старим стилем
сх.д.	— східної довготи
т	— тонна маси
Т	— тонна сили (вага)
тис.	— тисяча
у т.ч.	— у тому числі (у покажчику)
ц	— центнер маси
Ц	— центнер сили (вага)

Таблиці


ВЕЛЕТЕНСЬКИЙ КАЛЬМАР
ПОРІВНЯЛЬНІ РОЗМІРИ ТВАРИН
СИНІЙ КИТ
АКУЛА
УДАВ АНАКОНДА
АФРИКАНСЬКИЙ СЛОН
ЖИРАФА
КРОКОДИЛ ГРЕБІНЧАСТИЙ
АФРИКАНСЬКИЙ СТРАУС
ОРЕЛ БЕРКУТ


ЧЕРВОНОГОЛОВИЙ ГОРОБЕЦЬ
КОМАР
ОРЕЛ БЕРКУТ
КОЛІБРІ ДЖМІЛЬ
МУХА М'ЯСНА
ПОЛІВКА ЗВИЧАЙНА
1см

ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ ДЕЯКИХ ТВАРИН

КРОКОДИЛ

СЛОНОВА ЧЕРЕПАХА

від **200** до **300** років

ЩУКА

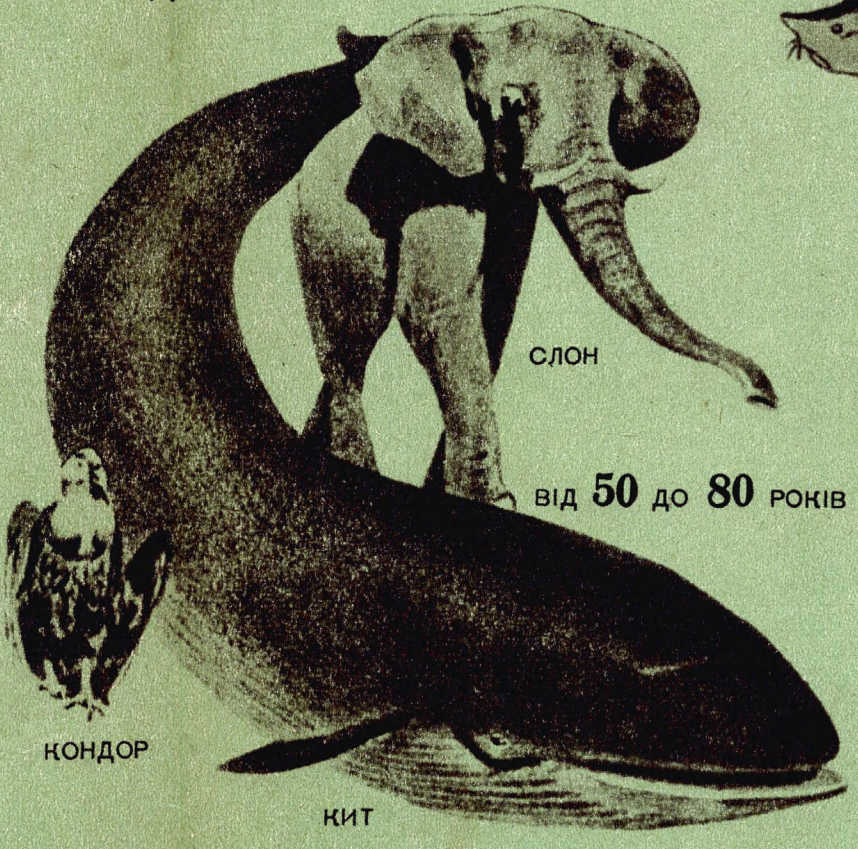
ПАПУГА

ВЕЛЕТЕНСЬКА САЛАМАНДРА

КРУК

від **100** до **150** років

БІЛУГА

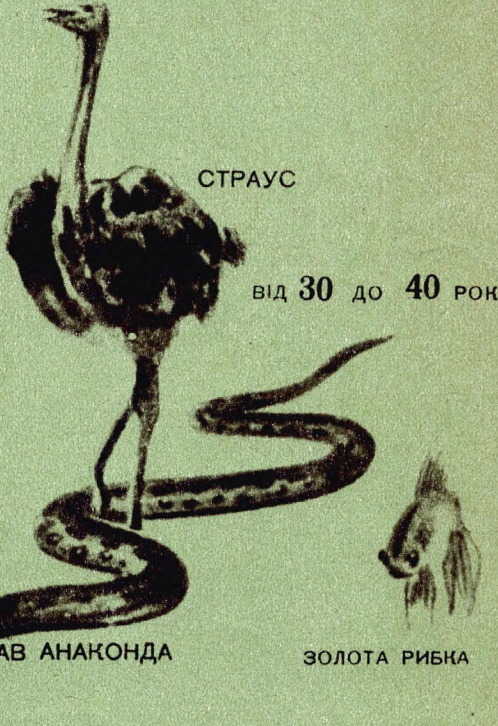


СЛОН

від **50** до **80** років

КОНДОР

КИТ

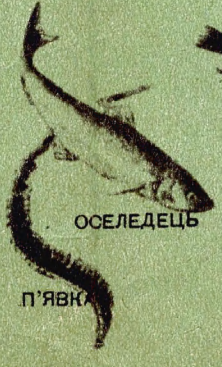


СТРАУС

від **30** до **40** років

УДАВ АНАКОНДА

ЗОЛОТА РИБКА



ОСЕЛЕДЕЦЬ

ЩИГОЛЬ

від **20** до **30** років

П'ЯВКА

БДЖОЛИНА МАТКА

від **1** до **5** років

БИЧОК

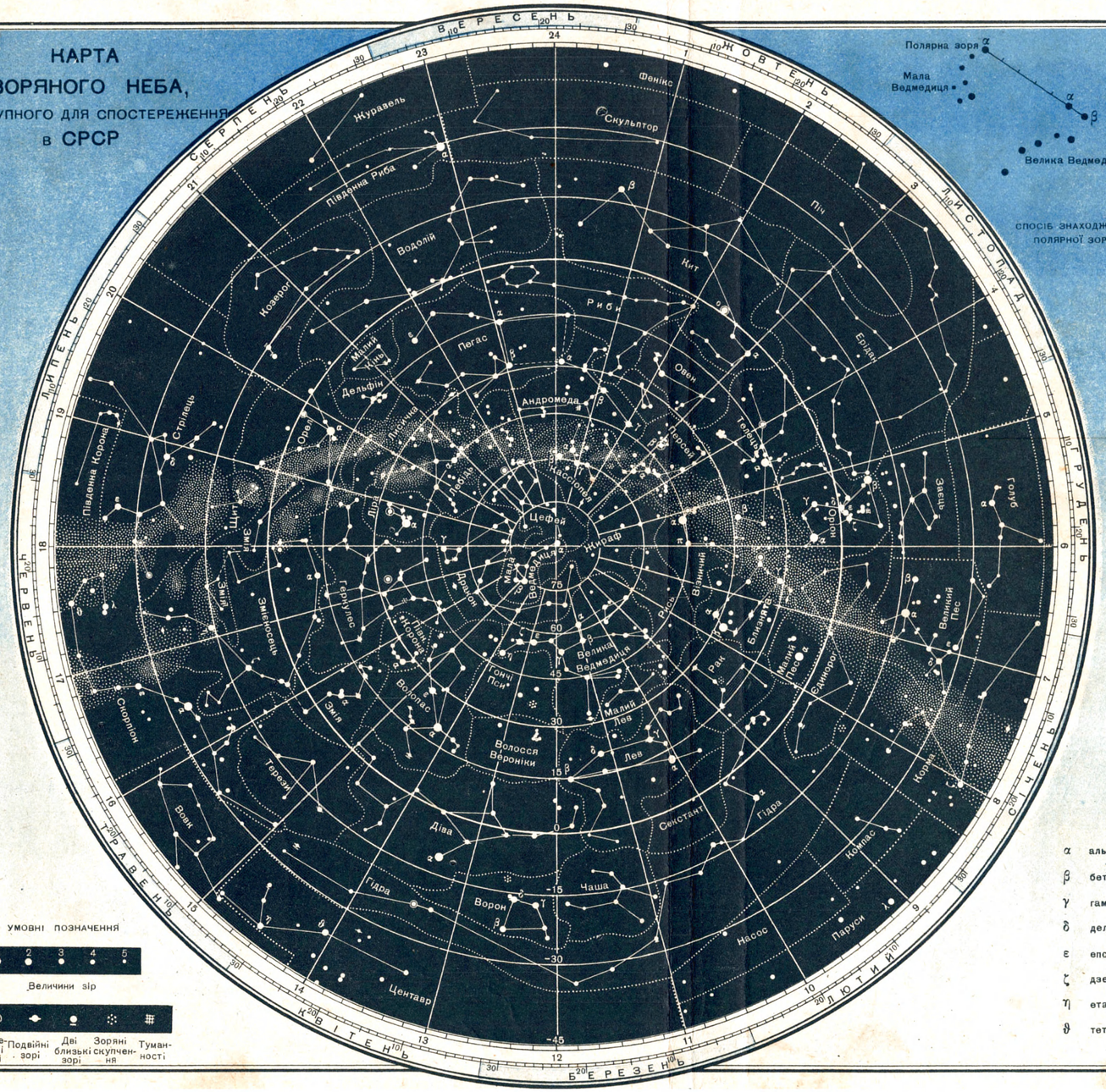
КОЛЮЧКА

НАЙПРОСТІШІ

КІЛЬКА ДНІВ

КАРТА ЗОРЯНОГО НЕБА,

ДОСТУПНОГО ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ В СРСР

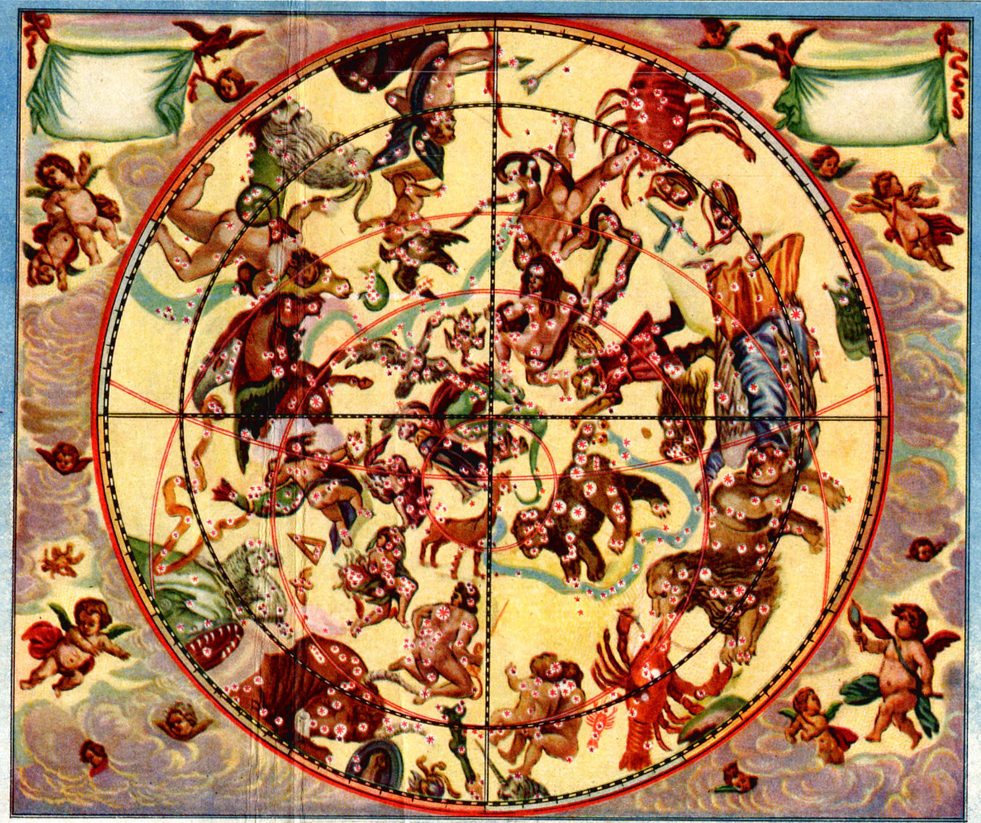


Полярна зоря

Мала Ведмедиця

Велика Ведмедиця

СПОСІБ ЗНАХОДЖЕННЯ ПОЛЯРНОЇ ЗОРІ



СТАРОВИННА ЗОРЯНА КАРТА З ПОЗНАЧЕННЯМ ФІГУР СУЗІР'ЇВ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

1 2 3 4 5

Величини зір

Перемінні зорі · Подвійні зорі · Дві близькі зорі · Зоряні скупчення · Туманності

ГРЕЦЬКИЙ АЛФАВІТ

α	альфа	ι	йота	ρ	ро
β	бета	χ	каппа	σ	сігма
γ	гамма	λ	ламбда	τ	тау
δ	дельта	μ	мі	υ	іпсілон
ε	епсілон	ν	ні	φ	фі
ζ	дзета	ξ	ксі	χ	хі
η	ета	ο	омікрон	ψ	псі
ϑ	тета	π	пі	ω	омега

ФОТОГРАФІЯ РУХУ ЗІР НАВКОЛО ПОЛЯРНОЇ ЗОРІ, ОДЕРЖАНА НЕРУХОМИМ ФОТОАПАРАТОМ

Художнє оформлення *С. М. Пожарського*

Чорні карти виконали:
Є. Я. МАРУСОВ і *А. Ю. САЛІТАН*
Науковий консультант і складач карт
А. П. УЛЬЯНОВ

* * *

Редактор тома *В. Я. Нежнипапа*

Художній редактор *Н. О. Горбачова*
Редактор карт *І. П. Лебедєв*
Технічний редактор *Н. К. Волкова*
Коректор *В. Й. Шиліна*

ДЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ, т. 2
(на украинском языке)
Государственное учебно-педагогическое издательство
«Радянська школа»

Здано до набору 16/IX 1960 р. Підписано до друку 21/III 1961 р.
Папір 84×108 см $^{1}/_{16}$. Фіз. друк арк. 34,25 + 30 вкл., умовн.
арк. 56,17 + 7,585 вкл., видавн. арк. 59,52 + 7,8 вкл.
Тираж 35 000 Ціна 2 крб. 80 коп Зам. № 1230.

Книжкова фабрика ім. Фрунзе Головполіграфвидаву
Міністерства культури УРСР,
Харків, Донець-Захаржевська, 6/8.

Digitized by Google